

Absolvování individuální odborné praxe

Individual Professional Practice in the Company

Daniel Harazim

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Petr Bernat, Ph.D.

Ostrava, 2021

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Prohlášení zástupce spolupracující právnické nebo fyzické osoby

Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských programech VŠB-TU Ostrava.

Abstrakt

Tato bakalářská práce obsahuje souhrn a popis činností uskutečněných a prováděných ve firmě ABB s.r.o. po dobu padesáti dní v období od září 2020 do dubna 2021 v rámci absolvování odborné individuální praxe.

Klíčová slova

ABB, Bakalářská práce, Povrchové doly, Pohon mlýnu, Individuální praxe, Projektová dokumentace, Měnič kmitočtu, Elektrický motor, Měření

Abstract

This bachelor thesis contains summary and description of activities performed as a part of an individual practice in company ABB Ltd. The practice was held for the period of 50 days from September 2020 till April 2021.

Keywords

ABB, Bachelors practice, Surface Mines, Drive of the mill, Individual practice, Document list, Frequency Converter, Electrical motor, Test

Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří mi pomohli při tvorbě mé práce, tedy firmě ABB, za to, že jsem mohl tuto praxi u nich absolvovat, a hlavně mému konzultantovi ve firmě Ing. Aleši Vachalovi, Ph.D. a jeho vedoucímu Ing. Jakubu Machovičovi, za to, že i v době kdy bylo hlavní téma COVID-19, tak pro mě měli práci a úkoly, na kterých jsem mohl pracovat a díky tomu moji práci dokončit. Dále bych chtěl také poděkovat panu Ing. Petru Bernatovi, Ph.D. za pomoc a konzultaci při následné tvorbě bakalářské praxe a při řešení formálních stránek mé práce a v neposlední řadě bych chtěl poděkovat také doc. Dr. Ing. Zdeňku Medvecovi a Ing. Petru Kačorovi, Ph.D., se kterým jsem svou práci mohl konzultovat a vyšli mi ve všem vstříc. Bez těchto lidí by tato práce nemohla vzniknout, proto jsem za jejich pomoc velice vděčný.

Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk	6
Seznam obrázků	7
Seznam tabulek	8
Seznam příloh.....	8
1. Úvod.....	9
2. O společnosti.....	10
1.1 Historie	10
1.2 Současnost.....	10
3. Moje působení ve firmě	11
3.1 ABB European Operation Center	11
3.2 ABB Process Automatization Process Industries	11
4. Pohony pro těžební mlýny	12
4.1 Asynchronní motory s kroužkovou kotvou.	13
4.2 Mlýn s ozubeným převodem - RMD	14
4.2.1 RMD FSD a VSD	16
4.2.2 Kapalinový odporový spouštěč	18
4.2.3 Štítek motoru	18
4.2.4 Chlazení motoru	19
4.3 Mlýn bez ozubeného převodu – GMD	23
4.4 Drtič - Crusher.....	23
4.5 Vysokotlaký rotační válcový mlýn – HPGR	24
5. Tvorba projektové dokumentace.....	25
6. Měníče kmitočtu v ABB	28
6.1 Měníč kmitočtu ACS880.....	29
6.2 Předpis pro zkoušky měničů kmitočtů ACS880.....	30
7. Měření parametrů měniče kmitočtu	32
7.1 Dynamické charakteristiky měniče	32
7.2 Statické charakteristiky měniče.....	34
7.3 BOZP a vyhláška 50 §5.....	35
8. Výsledky	36
8.1 Znalosti a dovednosti získané v průběhu studia uplatněné v průběhu odborné praxe.....	36
8.2 Znalosti či dovednosti scházející v průběhu odborné praxe.....	36
8.3 Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení	36
9. Závěr	37
Literatura	38
Přílohy	40

Seznam použitých symbolů a zkratek

RMD	– Ring Mill Drive
GMD	– Gearless Mill Drive
PAPI	– Process Automatization Process Industries
EUOPC	– European Operation Center
AM	– Asynchronní Motor
SM	– Synchronní Motor
PLC	– Programmable Logic Controller
MCC	– Motor Control Center
CB	– Control Block
VN	– Vysoké napětí
NN	– Nízké napětí
HPGR	– High Pressure Grinding Roll Mill
MW	– Mega Watty
AC	– Alternating Current
DC	– Direct Current
rpm	– Revolutions per minute
IC	– Index of cooling
Tzv.	– Takzvaný
PDC	– Project Document Control
VSD	– Variable Speed Drive

Seznam obrázků

Obrázek 1: ABB LOGO. (1)	10
Obrázek 2: Budova EUOPC Ostrava Nová Karolina. (19)	11
Obrázek 3: Asynchronní motor s kroužkovou kotvou. (4)	13
Obrázek 4: Vysokootáčkový AM s převodovkou a pomalu otáčkový SM bez převodovky. (20)	14
Obrázek 5: Ocelové drtící koule. (5)	14
Obrázek 6: SAG Mill (17)	15
Obrázek 7: RMD VSD dvou vřetenový. (7)	16
Obrázek 8: Kapalinový odporový spouštěč. (18)	18
Obrázek 9: Jmenovité hodnoty motoru ABB AML800L6.	19
Obrázek 10: Označení chlazení.	20
Obrázek 11: Nejběžnější způsoby chlazení. (21)	21
Obrázek 12: Návrh kroužkového asynchronního motoru ABB AML800L6.	22
Obrázek 13: GMD Mlýn. (11)	23
Obrázek 14: Drtič - Crusher. (15)	23
Obrázek 15: HPGR. (14)	24
Obrázek 16: Blokový diagram pohonu mlýnu RMD FSD (detail).	25
Obrázek 17: Šablona dokumentů pro kapalinový odporový spouštěč.	26
Obrázek 18: Systém PDC s adresáři pro dokumenty.	27
Obrázek 19: Přehled typů měničů ABB a jejich výkony. (23)	28
Obrázek 20: Přehled měničů kmitočtu ABB ACS880-1. (12)	29
Obrázek 21: Schématické uspořádání měniče s napěťovým meziobvodem.	29
Obrázek 22: Část seznamu Internetových kurzů pro měniče ACS880.	30
Obrázek 23: Část test reportu pro měnič ACS880.	31
Obrázek 24: Schéma zapojení měření ADM.	32
Obrázek 25: Průběh proudu vstupu a výstupu měniče při době rampy 0,5 s.	33
Obrázek 26: Průběh proudu vstupu a výstupu měniče při době rampy 2 s.	33
Obrázek 27: Průběh proudu vstupu a výstupu měniče při době rampy 5 s.	33
Obrázek 28: Bezpečnostní tabulka - pozor pod napětím.	35

Seznam tabulek

Tabulka 1: Rozdělení pohonů RMD. (16).....	15
Tabulka 2: Druhy chladiva. (10)	20
Tabulka 3: Naměření hodnoty.....	34

Seznam příloh

Příloha A: Postup výroby. (14).....	40
Příloha B: Blokový diagram pohonu mlýnu RMD FSD.	41
Příloha C: První pomoc při úrazu elektřinou.....	41

1. Úvod

Devatenácté století bylo označováno stoletím páry, století dvacáté provázel masivní rozvoj elektřiny a století dvacáté první bude patřit rozvoji automatizace, robotizace a umělé inteligence. V současné hospodářsky nejisté době, která je silně ovlivněna masivním negativním účinkem viru COVID-19 na celosvětovou ekonomiku, můžeme sledovat velké výkyvy v těžbě nerostných surovin jako je ropa a plyn. Zatímco cena zlata a mědi rostou nebo se drží na ustálených hodnotách na světových trzích. Proto lze sledovat stálý celosvětový zájem o oblast těžby nerostných surovin zvláště pak v jejích hlavních oblastech jako jsou Rusko, Jižní Amerika a Austrálie. Technologie pro těžbu nerostných surovin vyrábí na světě několik výrobců a tyto firmy si pak poptávají světové výrobce elektrických pohonů pro své technologie. Firma ABB patří mezi hlavní dodavatele těchto pohonů na světě. Její hlavní inženýrské centrum pro tuto oblast se nachází v městě Baden, Dättvil, které leží asi 30 km od hlavního města Švýcarska Curychu. Pro svou inženýrskou práci pak využívá také pomoci inženýrů z Operačního centra v Ostravě České republice. Rozhodl jsem se nastoupit na svou bakalářskou praxi právě v tomto centru, protože jsem Ostravák a studuji obor elektrické stroje a přístroje na VŠB-TU OSTRAVA. Poznatky ze své praxe v ABB budu pak moci využít při studiu na vysoké škole.

V následujících kapitolách provedu bližší seznámení s firmou ABB, její divizí PAPI, popíšu zařízení pro těžbu surovin, pohony a projektovou dokumentaci. Dále pak provedu seznámení s měniči kmitočtu ABB, popíšu interaktivní školení na tyto produkty, uvedu příklad zkušebního protokolu pro měnič kmitočtu a jako praktickou část pak popíšu měření na měniči kmitočtu VACON s motorem ABB. V závěru své práce provedu souhrn přínosu mé praxe v EUOPC Ostrava a nové poznatky, které jsem získal během své praxe.

2. O společnosti

Firma ABB s.r.o. je součástí nadnárodní společnosti ABB se sídlem v Curychu ve Švýcarsku. Její mezinárodní logo můžeme vidět na Obrázku 1. Firma ABB zaměstnává na 150 000 lidí po celém světě a působí v těchto oblastech: Elektrotechnika (domovní elektroinstalace, rozváděče, senzory), Průmyslová automatizace (řízení procesů či elektrifikace), Pohony na souši i ve vodě (frekvenční měniče, elektromotory, Azipod) a v neposlední řadě Robotizace. (1)



Obrázek 1: ABB LOGO. (1)

1.1 Historie

Firma ABB vznikla spojením dvou společností ASEA a BBC, jejichž historie sahá až do 19. století, kdy tyto firmy byly založeny. Vznik společnosti ASEA sahá až do roku 1883, kdy Ludvig Fredholm založil společnost Elektriska Aktiebolaget ve Stockholmu, která se zabývala výrobou elektrických světel a generátorů, o dva roky později spojením s jinou společností vznikla společnost ASEA. O necelé století později ASEA zaměstnávala 71 tisíc lidí a její příjmy sahaly až do výše 6,8 mil. USD. Společnost BBC, celým jménem Brown, Boveri & Cie byla jen o pár let mladší a v roce 1891 byla založena v Badenu, ve Švýcarsku. Byla to první společnost, která se zabývala VN přenosem, později taky nechala postavit první parní turbínu v Evropě, ve 20. století zaměstnávala 97 tisíc lidí. Její příjmy dosahovaly 8,7 mil. USD, tedy o něco málo více než tehdy konkurenční společnost ASEA.

V roce 1988 vznikla současná společnost ABB, jak jí známe dnes, postupně začala rozšiřovat svoje působení. Například v roce 1990 navrhla pohonnou jednotku Azipod, která slouží k pohonu lodí s unikátními manévrovacími schopnostmi. V roce 1998 přichází s deltovým robotem, který slouží k manipulaci a balení zboží v průmyslu. Jako první společnost v roce 2005 přivedla kabelem elektřinu na těžební plošinu ze 70 km vzdálené pevniny, a nakonec v roce 2014 jako první vytvořila robota YuMi, který dokáže spolupracovat s člověkem, bez toho, aby mu nějak ublížil. (2)

1.2 Současnost

V současné době má tato korporace pobočky po celém světě, od Jižní Ameriky přes Afriku, Asii až po Nový Zéland. Zabývá se čím dál větším spektrem oborů, které posouvají její hodnotu nahoru, v současné době je to hlavně digitalizace v průmyslu. V České republice působí ABB v městech Praha, Brno, Ostrava, Plzeň, Trutnov a v Jablonci nad Nisou, kde má své výrobní, vývojové a kancelářské prostory.

3. Moje působení ve firmě

Celá má praxe byla realizována v pobočce ABB v Ostravě, kde jsem plnil zadané úkoly a pomáhal při řešení projektů.

3.1 ABB European Operation Center

V Ostravě, u Nové Karoliny, se nachází jedno ze čtyř operačních center v Evropě, jak můžeme vidět na Obrázku 2. Další můžeme nalézt v Plzni, Kaliningradu a Krakově. Oficiální název těchto center je Evropské operační centrum (EUOPC). Jsou to centra, která slouží k podpoře výrobních, projektových a servisních středisek ABB po celém světě. EUOPC se rozkládá částečně na dvou patrech níže uvedené budovy. Jsou zde oddělení procesní automatizace, vývoje softwarových aplikací, strojaři, elektrická projekce, námořní aplikace, oddělení nákupu, oddělení projektového řízení a oddělení PAPI.



Obrázek 2: Budova EUOPC Ostrava Nová Karolina. (19)

3.2 ABB Process Automation Process Industries

Svou praxi jsem vykonával v Ostravě v oddělení Procesní automatizace průmyslových procesů (PAPI) jako asistent projektového inženýra. Toto oddělení patří pod ABB PAPI Baden, Dättwil, Švýcarsko. Oddělení se skládá z několika týmů. Patří mezi ně automatizace, návrh a simulace VN sítí, nabídky pohonů pro RMD systémy a dále také inženýrská podpora projektů pro těžební průmysl. Tým zkušených inženýrů dokáže provést návrh, projektování, realizaci projektů u zákazníka a také servisní činnost. Toto oddělení čítá 20 lidí, kteří jsou rozděleni do týmů, které řídí jednotliví týmoví vedoucí s pomocí skupinových koordinátorů. Jedná se o velmi rozmanitou práci ve spolupráci se zahraničními kolegy. Protože se jedná o mezinárodní spolupráci, jako oficiální dorozumívací jazyk byla stanovena angličtina. Pravidelné telekonference v rámci ABB týmů a pak jednání se zákazníkem jsou pravidelnou rutinou.

EUOPC je vybaveno nejen rozsáhlými kancelářskými prostory na Nové Karolině, ale disponuje také zkušebnou. Zkušebna je vybavena tak, aby bylo možné provést testování nastavení parametrů měniče NN, je zde také demo pohonu, lze simulovat nastavení PLC či řídicího systému a slouží také pro ověření funkce a nastavení parametrů zařízení před jeho odesláním k zákazníkovi. Jedná se o lehkou zkušebnu, která je umístěna v přízemí budovy pro snadný přístup a manipulaci s paletovým vozíkem. Zkušebna byla navržena pro ověřování aplikací a je proto přizpůsobena jak prostorově, napájecím napětím, ale také manipulací se zařízením. Je využívána hlavně kolegy z oddělení automatizace.

4. Pohony pro těžební mlýny

Jedno z velkých odvětví, ve kterém má ABB světové know-how, je oblast těžby a průmyslového zpracování nerostných surovin. V EUOPC jsem pracoval po dobu své praxe na několika projektech souvisejících s těžbou nerostných surovin.

Firma ABB dodává ucelené a technicky ověřené pohony přesně podle požadavků výrobce mlýnu. Tyto zařízení slouží k mletí vstupních nerostných surovin, z nichž se pak produkují např. zlato, měď či molybden. Mlýny pro zpracování surovin jsou vyráběny externími firmami jako jsou Outotec, Metso, FLS nebo Krupp. Zákazník musí specifikovat objem suroviny, která se má zpracovávat (kapacita technologie). Pak následuje konstrukce mlýnu (externí firmy) a následně pak volba a výroba příslušného druhu pohonu pro mlýn (ABB). Celý proces je podřízen požadavkům zákazníka a každá zakázka je velice individuální, aby splňovala různá kritéria, která jsou požadována.

Základní rozdělení těžebních mlýnů se liší podle toho, jakou činnost mlýny vykonávají, tedy kde se v těžbařském procesu zpracování nerostných surovin nachází. Jako první do styku se surovinou přicházejí mlýny, které ji začnou drtit (Crusher a HPGR) a poté přicházejí na řadu mlýny, které více drolí již rozdrčenou surovinu (GMD a RMD). Příklady jednotlivých procesů můžeme vidět v Příloze A. Základní rozdělení těžebních zařízení je:

1. RMD (Ring Mill Drive), mlýn je poháněn přes ozubený převod
2. GMD (Gearless Mill Drive), neboli mlýn bez ozubeného převodu, kdy rotor motoru, je zároveň mlýnem
3. HPGR (High Pressure Grinding Roll Mill), neboli vysokotlaký rotační válcový mlýn, sloužící k drcení vytěžené suroviny na menší kusy pomocí dvou rotačních válců.
4. Crusher (Drtič)

Dále mlýny dělíme podle velikosti instalovaného výkonu, který zákazník potřebuje, podle velikosti mlýnu, podle druhu nerostné suroviny, kterou daný mlýn bude drtit a v jakých objemech. Dle těchto informací se pak vybere druh motoru a pohonu. Mlýny bez převodovky (GMD) se používají pro největší výkony, pro středně velké výkony a menší výkony se pak používají mlýny poháněné přes ozubený převod (RMD).

A v neposlední řadě můžeme mlýny rozdělit podle regulace otáček. Ty se pak dělí na mlýny s pohony s konstantními otáčkami (napájení ze sítě) a na mlýny s proměnnými otáčkami (napájení z měniče kmitočtu). ABB využívá k pohánění mlýnu buď synchronní stroje s měničem kmitočtu, pro pomalu otáčkové mlýny, nebo naopak také vysokootáčkové motory (1000 rpm/50 Hz), v tomto případě si může zákazník vybrat asynchronní stroj s napájením ze sítě či s napájením z měniče kmitočtu.

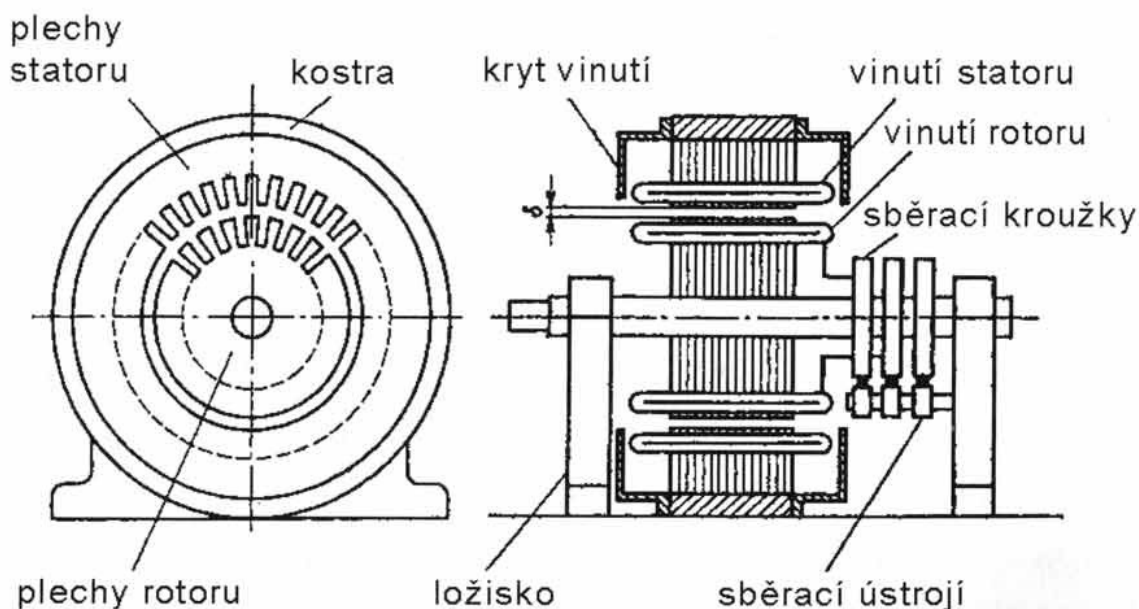
4.1 Asynchronní motory s kroužkovou kotvou.

Pohony pro mlýny s napájením ze sítě jsou většinou realizovány pomocí kroužkového asynchronního motoru a jeho spouštění je realizováno pomocí kapalinového odporového spouštěče, který je připojen k vinutí rotoru kroužkového motoru pomocí sběrného ústrojí. Hřídel motoru je spojena s převodovkou a ta pak pomocí ozubeného kola otáčí s mlýnem, který je vybaven velkým ozubeným kolem na jeho vnějším plášti.

Tyto motory se používají hlavně kvůli velkému záběrovému momentu při rozběhu motoru (mlýny jsou velká zařízení, kde může dojít k nahromadění materiálu o několika desítkách tun na jednom místě např. vlivem teploty či výpadku proudu, poruše). Roztočení takového mlýnu pak vyžaduje velký záběrový moment. Protože rozběh AM doprovází vysoký záběrový proud, který může být až 7násobek jeho jmenovité hodnoty, používá se také k jeho omezení kapalinový odporový spouštěč. Kapalinový odporový spouštěč dokáže plynule měnit odpor a tím regulovat záběrový moment a proud motoru. Po dosažení jmenovitých otáček motoru dojde k vyřazení spouštěče a vinutí rotoru se spojí nakrátko.

Asynchronní motor s kotvou nakrátko a asynchronní motor s kotvou kroužkovou mají stejnou konstrukci statoru, liší se však v konstrukci rotoru. Stator asynchronního motoru s kroužkovou kotvou je sestaven z plechů pro elektrotechniku tloušťky 0,5 mm, legovaných křemíkem a vzájemně izolovaných lakem. Plechy mají vyraženy drážky pro vinutí statoru na vnitřní straně mezikruží a jejich poskládáním pak vznikne paket – magnetický obvod statoru. Do drážek statoru se pak vkládá 3f střídavé vinutí. Na hřídeli rotoru je nalisován svazek rotorových plechů a kroužky. V drážkách rotorového magnetického obvodu je uloženo vinutí rotoru (3) (4). Uvedené části můžeme vidět na Obrázku 3.

Izolace plechů nám potlačuje ztráty v železe, tedy ztráty vířivými proudy, vznikající v magneticky vodivých materiálech. Dále se zde vyskytují ztráty hysterezní při magnetizaci a demagnetizaci materiálu střídavým proudem.



Obrázek 3: Asynchronní motor s kroužkovou kotvou. (4)

4.2 Mlýn s ozubeným převodem - RMD

Těžební zařízení s označením RMD (Ring Mill Drive) neboli mlýn poháněný přes ozubený převod, je klasický mlýn, poháněný elektromotorem s pastorkem. V provedení se synchronním motorem a bez převodovky se výkony pohybují od 5 – 17,5 MW a otáčky jsou 150 – 200 rpm. V provedení high speed s asynchronním motorem a převodovkou se výkon pohybuje od 2,5 do 15 MW a otáčky motoru jsou 1000 až 1800 rpm. Jejich názorné ukázky můžeme vidět na Obrázku 4.



Obrázek 4: Vysokootáčkový AM s převodovkou a pomalu otáčkový SM bez převodovky. (20)

Dle regulace otáček se mlýny dále dělí na pohony s konstantními otáčkami (napájení ze sítě) a na mlýny s proměnnými otáčkami (napájení z měniče kmitočtu). ABB využívá k pohánění mlýnu buď synchronní stroje s měničem kmitočtu pro pomalu otáčkové mlýny, nebo asynchronní stroje s napájením ze sítě jako vysokootáčkové řešení ve spojení s převodovkou.

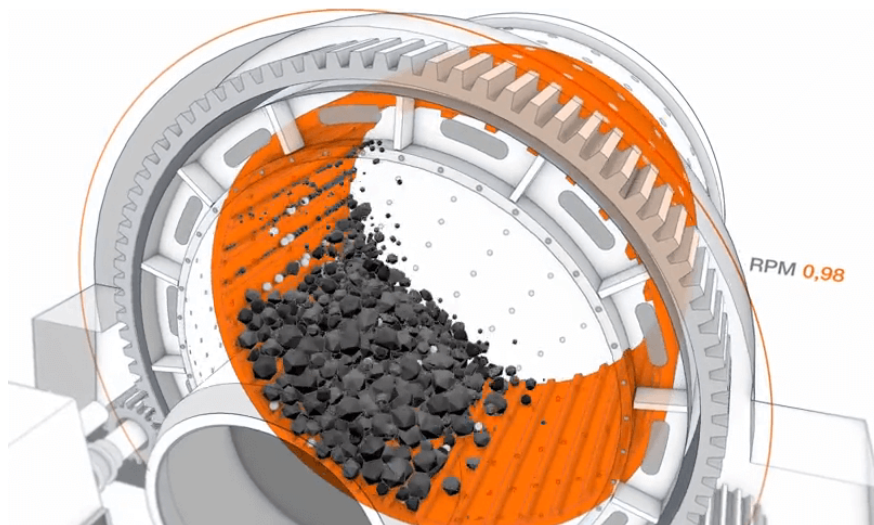
Mlýny dělíme dle technologie těžby surovin na dva druhy:

1. Ball Mill (kulový mlýn) - při rotaci mlýnu se ocelové koule rozprostrou v mlýnu a drtí tak nerostnou surovinu tím, že se při otáčení mlýnu surovina přesypává a koule ji drtí. Tak je docíleno rozdrčení celého materiálu na velice jemné části. Koule jsou vyrobeny z oceli viz obr.5. Při drcení suroviny se koule postupně opotřebovávají, zmenšují až musí být nahrazeny novými.



Obrázek 5: Ocelové drtící koule. (5)

2. SAG Mill (SemiAutogenous Mill) – polo autogenní mlýn. V tomto případě se při rotaci mlýnu materiál přesypává přes lopatky uvnitř mlýnu a sám se drtí. Takový mlýn můžeme vidět na Obrázku 6.



Obrázek 6: SAG Mill (17)

Mlýny s ozubeným převodem je možné rozdělit do několika skupin (6):

- a) RMD^{fsd} (Fix Speed Drive) – konstantní otáčky, napájen ze sítě, pomocí asynchronních motorů
- b) RMD^{vsd} (Variable Speed Drive) – proměnné otáčky, napájen z měniče kmitočtu, AM, SM
- c) RMD^{plus} – stejné jako u RMD^{vsd} plus vybaven RMD Drive Controller, který obsahuje ochranné funkce jako je rozběh mlýnu se zamrznutým materiálem.
- d) RMD SmartMillTM – naprosto unikátní ovládaní rychlosti mlýnu pomocí pokročilých technologií a získávání dat v reálném čase (6)

Tabulka 1: Rozdělení pohonů RMD. (16)

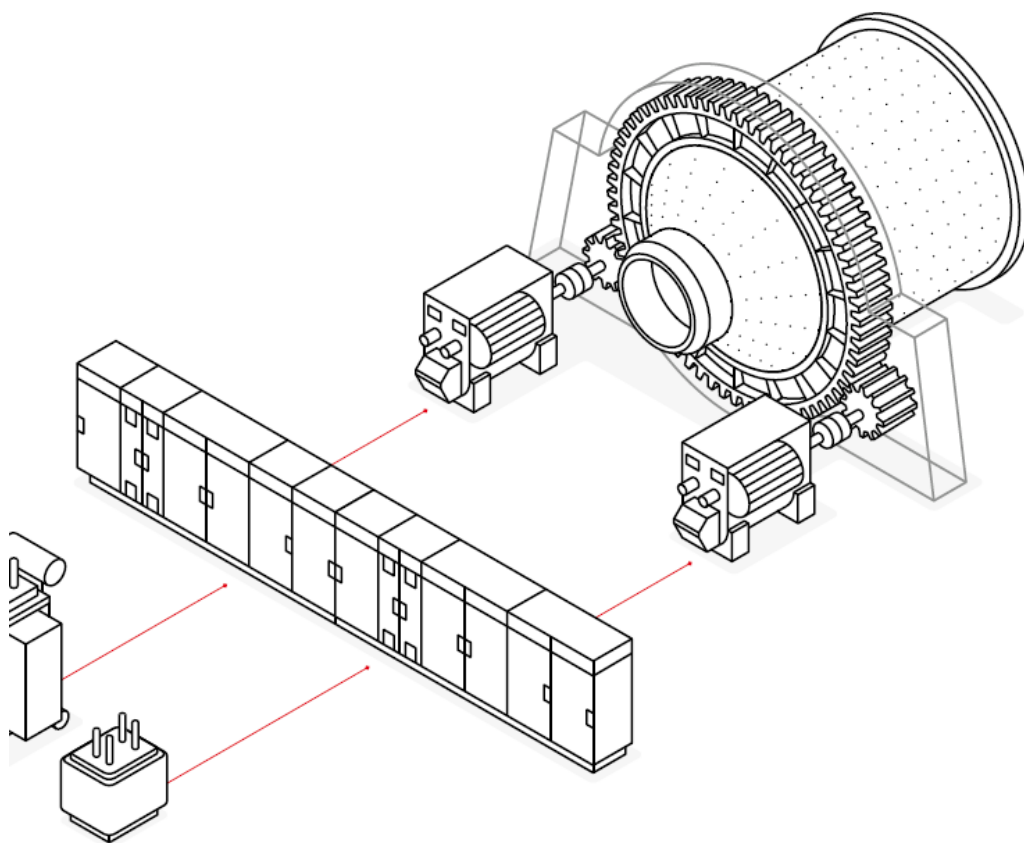
Solution	Add-on	Mill application features											
		Protection			Operation						Maintenance		Advanced control
		Frozen charge protection	Coupling supervision	Stand still detection	Softstarting	Frozen charge remover	Mill load sharing	Controlled rollback	Mill power ride through	Over-duty cycle	Oscillation damping	Creeping	Automatic positioning
RMD ^{fsd}				●									
RMD ^{vsd}				●		●							
RMD ^{plus}	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
RMD ^{EO}	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

V tabulce 1 je pak uvedeno srovnání druhů RMD mlýnů a jejich vlastností. V oblasti ochrany mají jednotlivé aplikace různé bezpečnostní systémy a nadstandardy jako jsou například:

- Frozen charge protection – umožňuje detekci tvorby kompaktního materiálu do 89° natočení mlýnu. Při překročení tohoto úhlu natočení by mohlo dojít k utržení zmrzlého kusu materiálu a jeho pádu na dno mlýnu a tím k zničení ložisek mlýnu., toho se využívá v severských oblastech (Sibiř), kde jsou teploty hluboce pod nulou
- Creeping – umožňuje otáčení mlýnu s malými definovanými otáčkami, nejčastěji 3% jmenovitých otáček. Využívá se pro servisní účely mlýnu.
- Automatic positioning (Automatické natočení) – mlýn se natočí o definovaný úhel. Využívá se hlavně u SAG mlýnů pro výměnu lamel uvnitř mlýnu.

4.2.1 RMD FSD a VSD

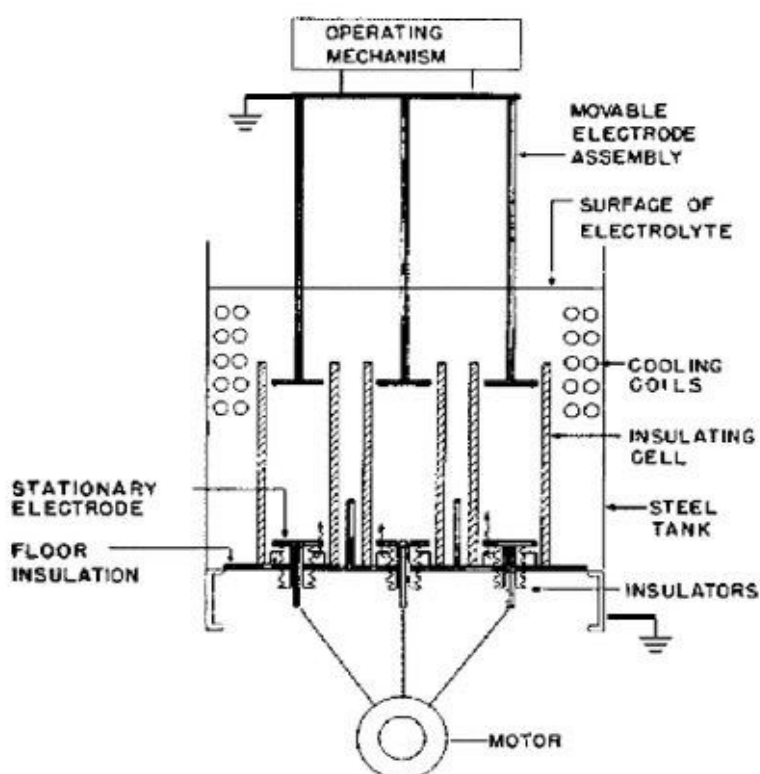
Mlýny s konstantními otáčkami RMD^{FSD} se používají pro menší výkony motorů, které nevyžadují řízení otáček. A naopak mlýny s proměnnými otáčkami RMD^{VSD}, jsou napájeny z měničů kmitočtu, a proto umožňují plynulou změnu kmitočtu a rozběh mlýnu. Toto řešení se uplatňuje hlavně u motorů velkých výkonů. Takovýto mlýn lze vidět na Obrázku 7.



Obrázek 7: RMD VSD dvou vřetenový. (7)

4.2.2 Kapalinový odporový spouštěč

Plynulost rozběhu motoru s vinutým rotorem zajišťuje kapalinový odporový spouštěč, který je připojen přes sběrné ústrojí k vinutí rotoru motoru. Spouštěč si můžeme představit jako nádobu s chemicky upravenou vodou (uhličitan sodný - Na_2CO_3) do níž se spouštějí nebo vysunují tři elektrody pomocí elektrického pohonu. Při rozběhu motoru potřebujeme maximální záběrový moment motoru, velký záběrový odpor rotoru a elektrody jsou umístěny v počáteční poloze pro rozběh motoru, nejsou spuštěny zcela do nádoby s lázní. Pomocí řízení PLC (programovatelného logického automatu) a VSD pohonu (frekvenčního měniče) se poloha elektrod plynule mění až do hodnoty minimálního odporu rotoru (elektrody plně ponořeny do tekutiny) a tedy jmenovitých otáček motoru. Jde o jmenovitý provozní stav motoru. V tomto okamžiku se rotorové vinutí spojí nakrátko pomocí stykače a spouštěč se vyřadí. Příklad funkce takového spouštěče je uveden na Obrázku 8.




Obrázek 8: Kapalinový odporový spouštěč. (18)

4.2.3 Štítek motoru

Každý motor musí mít vlastní štítek, který obsahuje nej důležitější informace o motoru a je umístěn na dobře viditelném místě na kostře motoru. Na Obrázku 9, můžeme vidět štítek jmenovitých hodnot kroužkového motoru, který byl použit pro pohon RMD^{FSD}. Každý štítek musí obsahovat (8):

1. Frekvenci
2. Jmenovitý výkon
3. Zapojení vinutí statoru/rotoru (hvězda/trojúhelník)
4. Jmenovité napětí a proud
5. Stupeň krytí IP (kdy první číslice nám určuje ochranu proti vniknutí cizích těles 0-6, a druhá proti vniku kapalin 0-8)
6. Jmenovité otáčky při jmenovitém kmitočtu napětí a zatížení

7. Na jaké zatížení je motor navržen (S1 – trvalé zatížení, S2- krátkodobý chod, S3 – přerušovaný chod... až S – 10)
8. Jakým způsobem je chlazen (IC)
9. Provozní teplota
10. Hmotnost
11. Provozní teplotu – teplotní třídu izolace / oteplení stroje
12. Rok výroby
13. Typ motoru



Made in Italy

ABB S.p.A
 Factory: Vittuone (MILANO)
 20010 Viale dell'Industria, 18
 ITALY

ASYNCHRONOUS MACHINE

N°	1200098185.04	Year	2020	Type	AML800M6ABSiM	
P	8000 kW	Duty	S1	cos φ	0.84	m 34850 kg
n	996 1/min			f	50 Hz	IC 611
U1	10000 V	I1	567 A	3 ~ Y		IM 1001
U2	2426 V	I2	1977 A	3 ~ Y		IP 55
						Cl. F
				temp.	0 / +40 °C	Δt 80 K

Obrázek 9: Jmenovité hodnoty motoru ABB AML800L6.

Dle těchto údajů z typového štítku motoru lze pak vypočítat další údaje o motoru, jako je například jmenovitý moment či skluz, příklad výpočtu skluzu a synchronních otáček můžeme vidět níže.

Vztah pro výpočet synchronních otáček:

$$n_s = \frac{f \cdot 60}{p} = \frac{50 \cdot 60}{3} = 1000 \text{ min}^{-1},$$

kde n_s jsou synchronní otáčky, f je jmenovitý kmitočet a p je počet pólových dvojic.

Vztah pro výpočet skluzu:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \cdot 100 = \frac{1000 - 996}{1000} \cdot 100 = 0,4 \%,$$

kde s je skluz a n jsou asynchronní (jmenovité) otáčky motoru.

4.2.4 Chlazení motoru

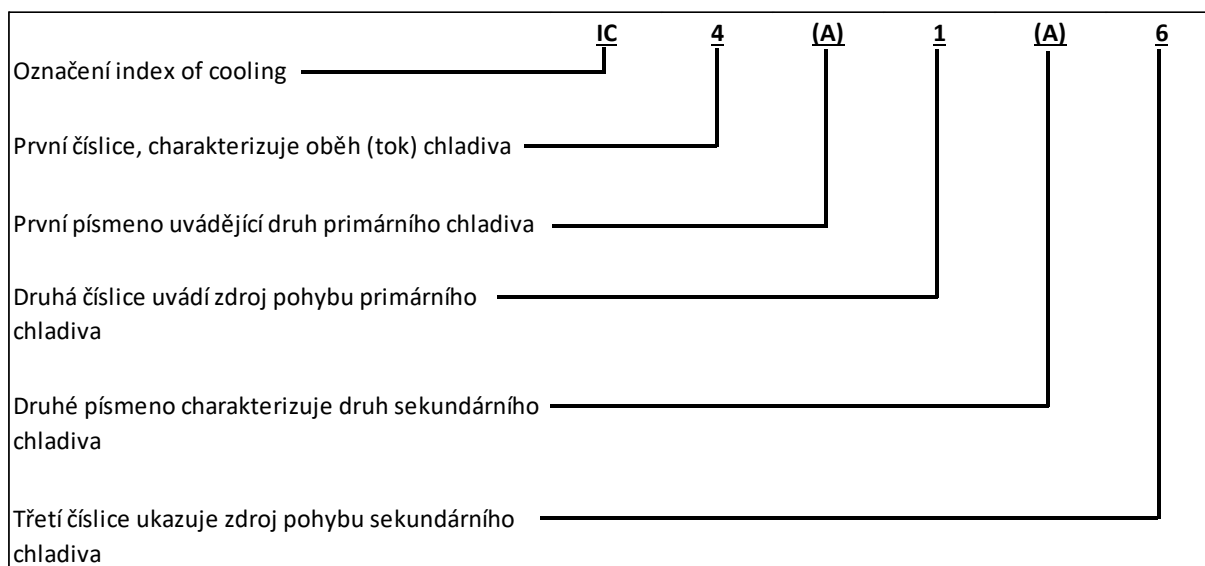
Elektrické motory generují při svém provozu teplo, proto je musíme chladit, odvádět přebytečné teplo ze stroje ven. Základní dělení chlazení motoru je na závislé (je závislé na hlavním stroji – je na stejné hřídeli), nebo nezávislé (je poháněno jiným motorem nehledě na otáčky hlavního stroje).

Jednotlivé druhy chlazení a chladiva se značí tzv. **IC** (index of cooling), neboli indexem chlazení. Za indexem následuje písmeno, které uvádí druh chladiva. Různé druhy chladiva jsou uvedeny v Tabulce 1, avšak pokud je použité chladivo vzduch, písmeno A se vynechává.

Tabulka 2: Druhy chladiva. (10)

Označení	Druh chladiva
A	vzduch
H	vodík
N	dusík
V	kysličník uhličitý
W	voda
U	olej

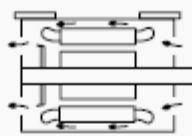
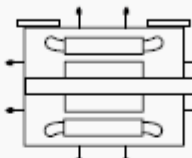
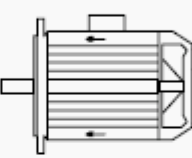
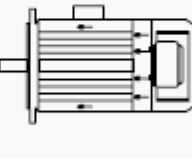
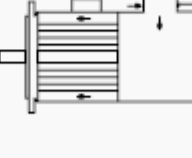
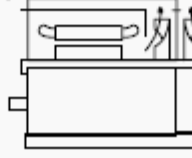
Dále za písmenem následuje trojčíslí, první z čísel charakterizuje oběh (tok) primárního chladiva a druhé číslo uvádí zdroj energie pro oběh chladiva a třetí číslice nám určuje oběh sekundárního chladiva. Ze začátku mělo označení IC pouze dvě číslice, později však byla přidána i třetí číslice. Na Obrázku 10 lze toto značení vidět přehledně. (9)



Obrázek 10: Označení chlazení.

V prvním případě, kdy je první číslo 0, tak dochází k volnému chlazení okolním prostředím. Druhé číslo 1 (vlastní chlazení) nám říká, že proudění chladiva (vzduchu) vzniká rozdílem tlaku, které je způsobeno ventilátorem přímo na hřídeli stroje - závislé chlazení (10). Na Obrázku 11 můžeme vidět několik použitých chlazení pro motory a jejich „staré“ i nové označení.

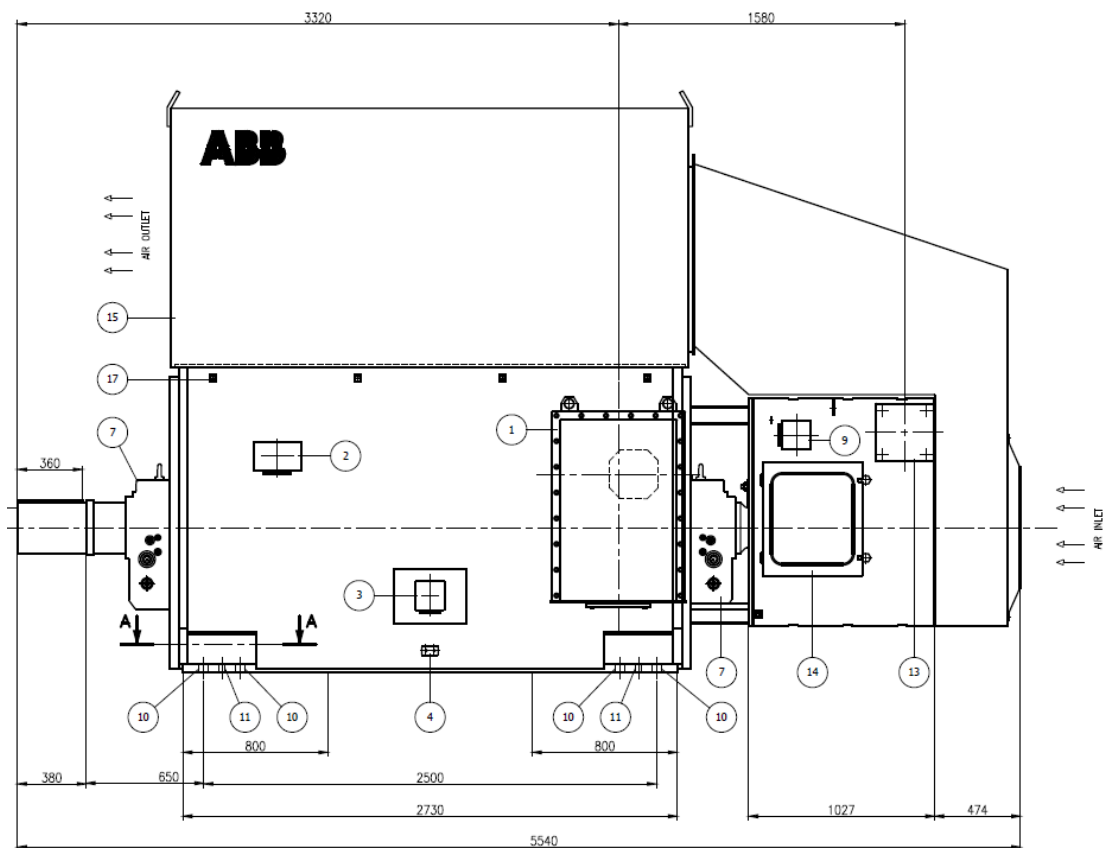
Při způsobu chlazení IC411 nám první číslice 4 říká, že je motor chlazen povrchovým chlazením, kdy je povrch kostry motoru ofukován chladivem (vzduchem) z prostředí, ve kterém stroj pracuje. Druhé a třetí číslo 1 nám ukazuje, že způsob oběhu chladiva vzniká vháněním vzduchu pomocí ventilátoru. Pokud by třetí číslice byla 0, tak by zdroj vzniku sekundárního chladiva byl způsoben pouhým rozdílem teplot (přirozená konvekce a sálání), nemá ventilátor. Naopak při IC416, druhá číslice 1 nám definuje, že zdroj energie pro oběh primárního chladiva je pomocí přimontovaného zařízení (ventilátoru) závislého na hlavním stroji – závislé chlazení, avšak zdroj sekundárního chladiva, je způsoben pomocí přimontovaného zařízení nezávislého na hlavním stroji – třetí číslice 6. Můžeme tento způsob chlazení rozlišit na axiální (A) – ve směru osy stroje či radiální (R) – ve směru rotace. (10)

Code	Description	Drawing
IC 01	<ul style="list-style-type: none"> - Open machine - Fan mounted on shaft - Often called 'drip-proof' motor 	
IC 40 (New : IC 410)	<ul style="list-style-type: none"> - Enclosed machine - Surface cooled by natural convection and radiation - No external fan 	
IC 41 (New : IC 411)	<ul style="list-style-type: none"> - Enclosed machine - Smooth or finned casing - External shaft-mounted fan - Often called TEFC motor 	
IC 43 A (New : IC 416A)	<ul style="list-style-type: none"> - Enclosed machine - Smooth or finned casing - External motorized Axial fan supplied with machine 	
IC 43 R (New : IC 416R)	<ul style="list-style-type: none"> - Enclosed machine - Smooth or finned casing - External motorized Radial fan supplied with machine 	
IC 61 (New : IC 610)	<ul style="list-style-type: none"> - Enclosed machine - Heat Exchanger fitted - Two separate air circuits - Shaft-mounted Fans - Often called CacA motor 	

Obrázek 11: Nejběžnější způsoby chlazení. (21)

Dle štítkového označení IC 611, má stroj chladič, který tvoří vnější část stroje. Pro chlazení se používá vzduch z prostředí, ve kterém stroj pracuje. Primární chladivo proudí v uzavřeném oběhu a v chladiči předává teplo sekundárnímu chladivu. Můžeme jej taky vidět na Obrázku 12. Z tohoto obrázku je vidět oddělené konstrukční řešení sběrného ústrojí od kostry motoru, tak aby nedocházelo k znečištění čel vinutí motoru od grafitového prachu z kartáčů. Stroj je vybaven vnitřním okruhem proudění vzduchu v motoru přes výměník tepla, který je umístěn na motoru a je profukován studeným vzduchem z venku. Tento vzduch je do motoru vháněn ventilátorem, který je umístěn na hřídeli motoru.

Pro velké motory je velmi důležité, aby měly účinné chlazení. Při překročení teplotní třídy izolace stroje může dojít ke zkratu, vznícení vinutí a k nevratné poruše stroje.



Obrázek 12: Náčrtek kružkového asynchronního motoru ABB AML800L6.

4.3 Mlýn bez ozubeného převodu – GMD

Pro největší objemy surovin a tomu odpovídající velké výkony jsou zkonstruovány mlýny s označením GMD (Gearless Mill Drive), můžeme jej vidět na Obrázku 13. Tento systém zahrnuje řešení mlýnu, kdy samotný rotor motoru je mlýnem. Rotor má velký průměr, je dutý a jakmile se otáčí rotor, tak se zároveň mele materiál uvnitř mlýnu (rotoru). Takové motory váží zpravidla několik desítek až stovek tun a výkon se pohybuje v řádu desítek MW.



Obrázek 13: GMD Mlýn. (11)

4.4 Drtič - Crusher

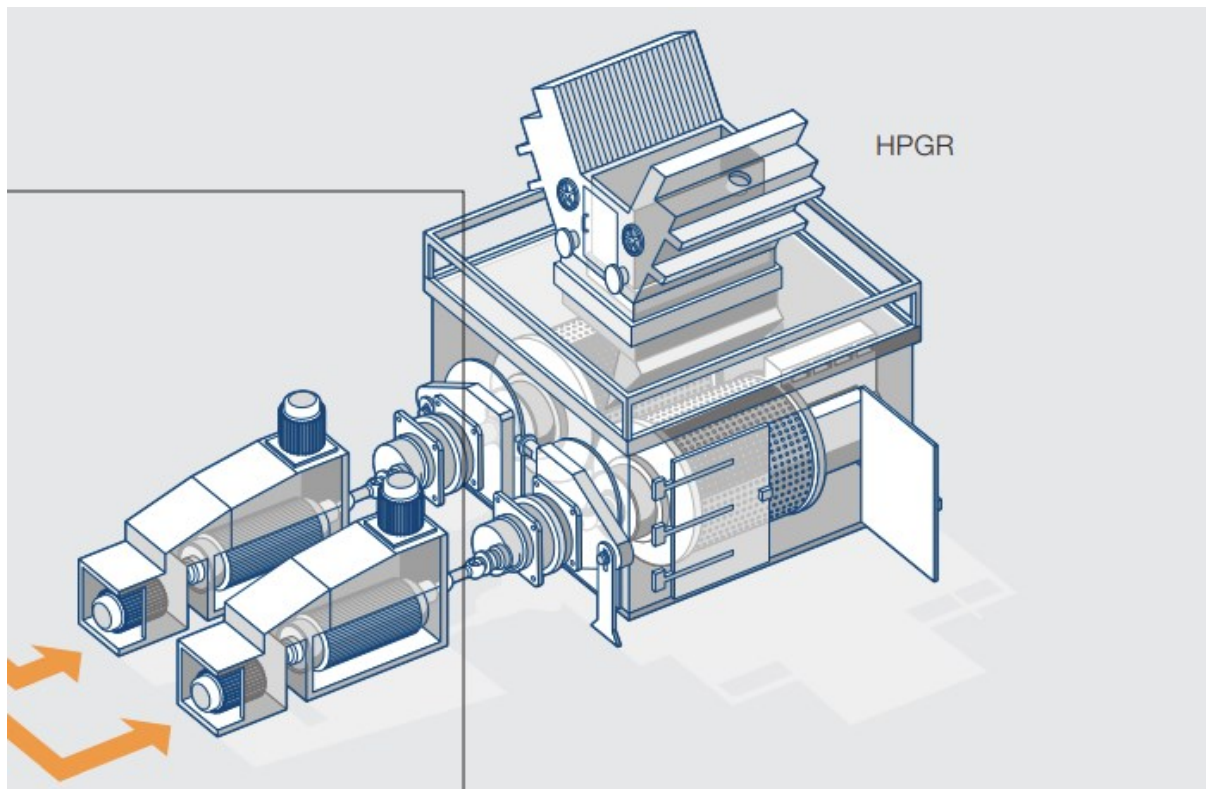
Crusher neboli drtič je vstupní zařízení při zpracování vytěžené suroviny, které má za úkol rozmělnit surovinu na menší kusy, které budou následně zpracovány dalšími zařízeními. Uspořádání takového zařízení je uvedeno na Obrázku 14. Jde zpravidla o vertikální uspořádání zařízení, kdy vsypaný materiál prochází mlecím kolem a vypadává ze zařízení ze spodní části.



Obrázek 14: Drtič - Crusher. (15)

4.5 Vysokotlaký rotační válcový mlýn – HPGR

Specifickým zařízením je HPGR, které je vždy tvořeno dvěma motory napájenými z měničů kmitočtu. HPGR (High Pressure Grinding Roll), neboli vysokotlaký rotační válcový mlýn, slouží k drcení vytěžené suroviny na menší kusy pomocí dvou rotačních válců. Každý válec je poháněn motorem s převodovkou. Motory jsou napájené z měničů kmitočtu a ty jsou vzájemně synchronizované, aby otáčky obou válců, byly naprosto přesné. Toto uspořádání umožňuje plynulé rozběhnutí pohonu a zároveň měniče hlídají provozní stav motorů. Uspořádání tohoto pohonu je uvedeno na Obrázku 15.

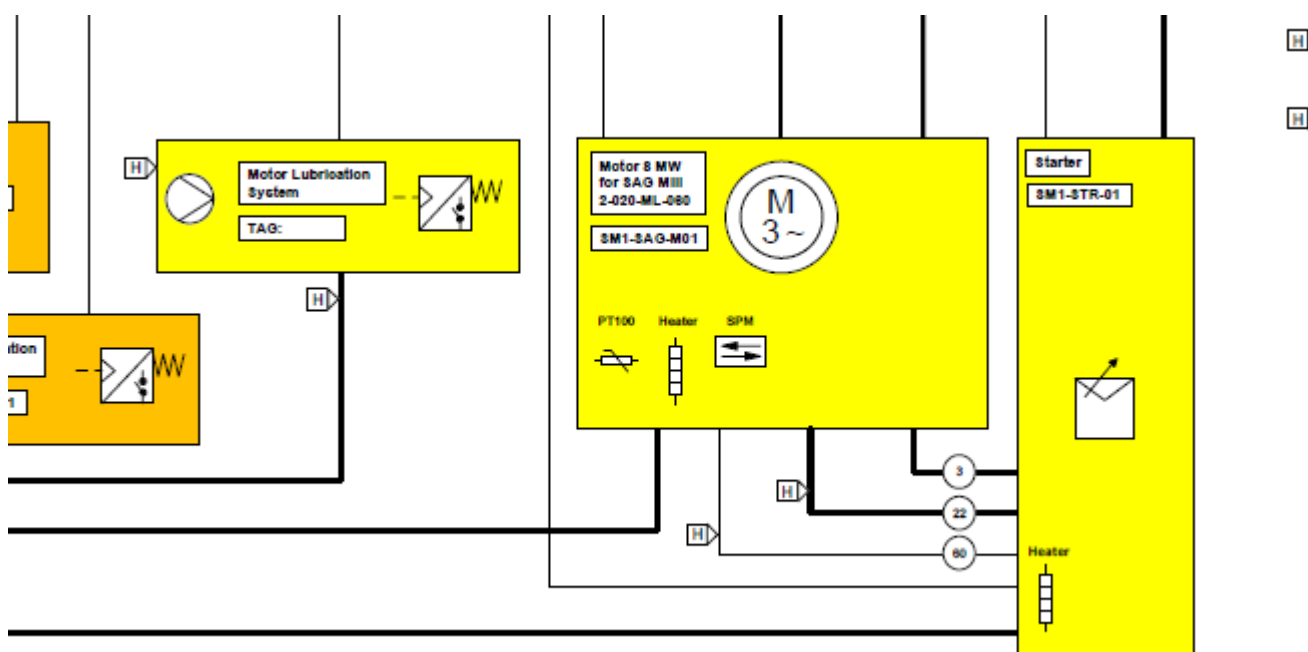


Obrázek 15: HPGR. (14)

5. Tvorba projektové dokumentace

První část své praxe jsem strávil úpravami a tvorbou šablon dokumentů pro komponenty pohonů, které pak sloužily k vytvoření seznamu dokumentů celého projektu. Úpravy těchto šablon byly časově velmi náročné, a strávil jsem nad nimi hodně času při své praxi. Musel jsem si vybrat existující seznam dokumentů pro daný komponent pohonu, např. kapalinový odporový spouštěč a ten pak přepracovat na nový formát dokumentu s novými funkcemi dle dodaných instrukcí. Při zkompletování všech dokumentů z jednotlivých šablon komponentů pohonu, jsme pak dostali kompletní seznam dokumentu pro celý projekt následně jsme pak mohli vytvořit dokument list pro projekt. Dokument list také nabízí možnost volby standardní dokumentace a dokumentace, která není součástí standardní dodávky a zákazník si za ní musí připlatit.

Jako první důležitý dokument pro projekt se vytváří tzv. Blokový diagram. Jeho účelem je definovat všechny komponenty (součásti) pohonu, jejich propojení a barevně vyznačit zodpovědnosti dodavatelů za komponenty na projektu. Příklad části takového diagramu pro motor RMD^{FSD} je uveden na Obrázku 16.



Obrázek 16: Blokový diagram pohonu mlýnu RMD FSD (detail).

Na Obrázku 16 můžeme vidět, že firma ABB bude dodávat komponenty pohonu jako jsou asynchronní motor s kotvou kroužkovou, kapalinový odporový spouštěč a domazávací systém motoru. Komponenty dodávané ABB jsou vybarveny žlutě, hnědě jsou vybarveny komponenty, které dodává výrobce mlýnu, zelené komponenty dodává zákazník a fialovou barvou jsou vybarveny možné další volitelné komponenty. Celé blokové schéma můžeme vidět v Příloze B. Součástí projektové dokumentace je tzv. Dokument list, který pro uvedený typ pohonu bude obsahovat tyto části:

- 1) Systém integration (organizační schéma týmu, HIO, blokové schéma, technickou specifikaci, náhradní díly)
- 2) Motor (asynchronní kroužkový motor a jeho domazávací systém)
- 3) Liquid rotor starter (kapalinový odporový spouštěč)

Každý RMD projekt je individuální a může obsahovat až 16 různých komponent. Proto jsme vytvořili pro každou součást pohonu (komponent) šablonu s dokumenty. Pokud si zákazník objedná dokumentaci pro projekt, tak mu ji můžeme, díky vytvořeným šablonám vytvořit v rádech hodin. Seznam dokumentů je důležitý nejen v rámci nabídky, ale také v průběhu projektování a realizace projektu. Vytvořené šablony dokumentů dokážou tak zkrátit čas tvorby Dokument listu z řádově dnů na hodiny. Šablony komponentů obsahují všechny důležité údaje pro importování do systému pro kontrolu dokumentů na projektu, který se nazývá PDC (Project Document Control).

Na Obrázku 17 je zobrazena část šablony dokumentů pro kapalinový odporový spouštěč. Dokumentace pro tento komponent může obsahovat:

- Technickou specifikaci zařízení
- Datový list
- Manuál pro instalaci, operaci a údržbu zařízení
- Materiál Safety Data sheet (vodivá lázeň)
- Popis funkce spouštěče
- Rozměrový výkres
- Schéma zapojení (jednopolové)
- Schéma zapojení všech komponent zařízení (detailní)
- Zkušební protokol
- Doporučené náhradní díly

Documents Submission List I LRS/DLRS

Name*	Document ID*	Language Code*	Available Languages	Revision ID*	Client Document ID*	Prefix	Title*
4CHxxxx_EN_Rev_A.txt	4CHxxxx	EN	EN CH FI FR GE IT RU SP SW	A		LRS	Technical Specification
4CHxxxx_EN_Rev_A.txt	4CHxxxx	EN	GE EN FR RU SP	A		LRS	Data Sheet
4CHxxxx_EN_Rev_A.txt	4CHxxxx	EN	GE EN FR RU SP	A		LRS	Installation, Operation and Maintenance Manual
4CHxxxx_EN_Rev_A.txt	4CHxxxx	EN	GE EN FR RU SP	A		LRS	Material Safety Data Sheet
4CHxxxx_EN_Rev_A.txt	4CHxxxx	EN	GE EN FR RU SP	A		LRS	Functional Description
4CHxxxx_EN_Rev_A.txt	4CHxxxx	EN	GE EN FR RU SP	A		LRS	Functional Description
4CHxxxx_EN_Rev_A.txt	4CHxxxx	EN	GE EN FR RU SP	A		LRS	Layout Drawing
4CHxxxx_EN_Rev_A.txt	4CHxxxx	EN	GE EN FR RU SP	A		LRS	Wiring Diagram
4CHxxxx_EN_Rev_A.txt	4CHxxxx	EN	EN CH FI FR GE IT RU SP SW	A		LRS	Connection Diagram
4CHxxxx_EN_Rev_A.txt	4CHxxxx	EN	GE EN FR RU SP	A		LRS	Test Report
4CHxxxx_EN_Rev_A.txt	4CHxxxx	EN	GE EN FR RU SP	A		LRS	Recommended Spare Parts List
4CHxxxx_EN_Rev_A.txt	4CHxxxx	EN	GE EN FR RU SP	A		LRS	Recommended Spare Parts List

Obrázek 17: Šablona dokumentů pro kapalinový odporový spouštěč.

Dokument list je uložen do automatického systému PDC, kde k němu mají přístup všichni, kdo na projektu pracují, tedy jak my v Ostravě, tak v oddělení PAPI ve Švýcarsku a u zákazníka. V systému jsou vidět jednotlivé revize, stav dodávky dokumentů a termíny. Využití šablon a systému PDC vede také k úspoře nákladů. Systém PDC je zobrazen na Obrázku 18, kde můžeme vidět, náhled do dokumentace RMD^{FSD} projektu, pro který jsem pomáhal vytvářet komplexní Dokument list.



PDC User Support

Project Documents

Workplace portal

Libraries

Project Administration

Project Documents

Ready for Client TRM

Vendor Documents

Engineering Internal

FSR Library

PDC Transmittal

Project Mail

Publications

Picture Library

[+ new document](#) or drag files here

General - Document List All Documents Folders ...

✓	📄	Name	Document ID	Document Part ID	Client Doc
---	---	------	-------------	------------------	------------

▸ **Product Type : (4)**

▸ **Product Type : LRS (79)**

▸ **Product Type : SYSTEM (27)**

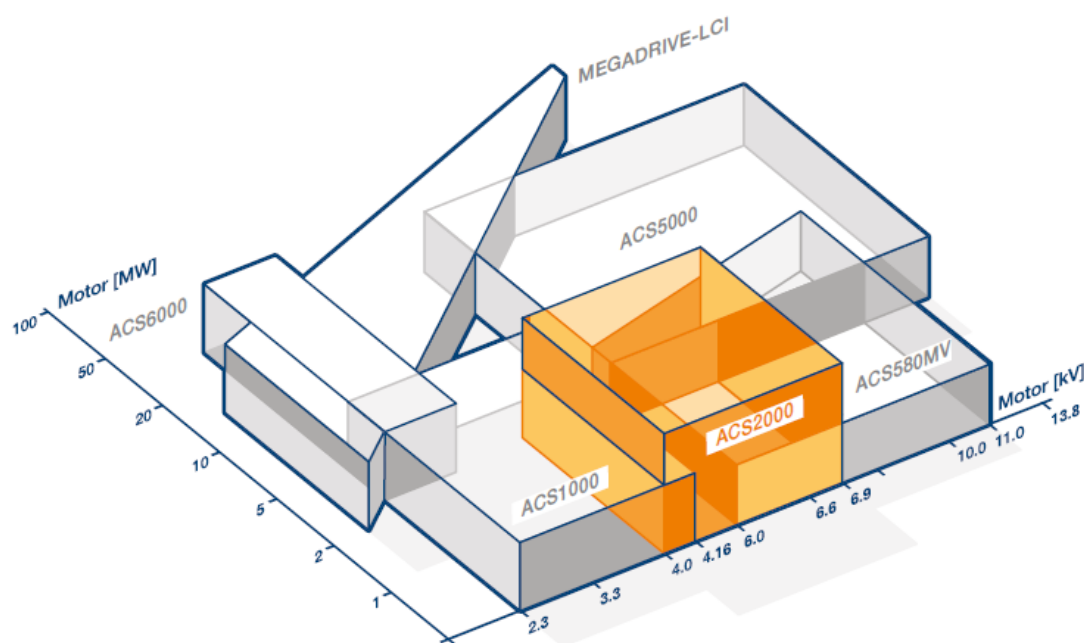
▸ **Product Type : WRIM (211)**

Obrázek 18: Systém PDC s adresáři pro dokumenty.

6. Měníče kmitočtu v ABB

Firma ABB patří mezi světové výrobce měničů kmitočtu pro elektrické pohony od výkonu jednotek W až po MW. Tyto měniče kmitočtu se vyrábí pro vstupní napětí od 230 V až po desítky kV. Na Obrázku 19 je uveden přehled výkonů MV měničů kmitočtu v závislosti na jejich výstupním napětí. Firma ABB vyrábí mnoho typů měničů, které si dále ještě zákazník může nakonfigurovat (přizpůsobovat vlastním potřebám) a tak dokáže pokrýt většinu požadavků zákazníků. Například měnič kmitočtu ACS1000 se dodává v provedeních napájecího napětí motoru od 2,3 kV do 4,16 kV a výkonů motorů od 0,315 MW do 5 MW.

Jedná se o měniče s napěťovým meziobvodem, využívající nejmodernější výkonové polovodičové prvky a vyrábí se v několika továrnách umístěných se Švýcarsku, Polsku, Číně, Švédsku a USA. Kromě standardních komponent je možné měniče nakonfigurovat ve speciálním programu dle požadavků zákazníka a pak následně zadat do výroby.



Obrázek 19: Přehled typů měničů ABB a jejich výkony. (23)

Měníče kmitočtu dělíme podle meziobvodu na měniče s napěťovým meziobvodem či proudovým meziobvodem. Mohou být konstruovány jak pro nízké či vysoké napětí. Podle chlazení se dělí na vzduchem či vodou chlazené – pro velké výkony měničů.

Dále rozlišujeme měniče podle počtu pulsů na 6, 12 či 24 pulzní a podle vstupní jednotky měniče, můžeme rozdělit na pasivní či aktivní. Měníče lze také dělit podle napájecího transformátoru, který je buď integrovaný, nebo je externí.

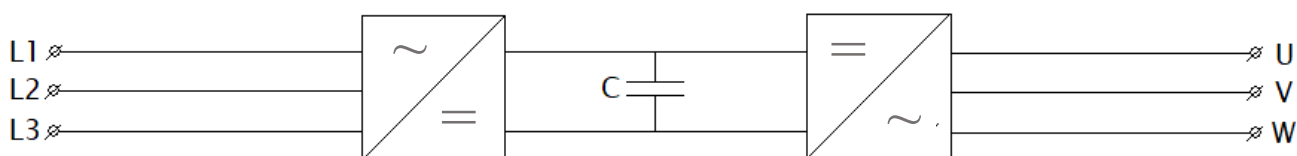
6.1 Měníč kmitočtu ACS880

Měníče kmitočtu s označením ACS880 jsou jedny z nejnovějších v ABB a jsou také velmi používané v praxi díky svým technickým parametrům, ovladatelnosti a spolehlivosti. Můžeme je také nalézt na zkušebně EUOPC v Nové Karolině v Ostravě či na univerzitě VŠB-TU Ostrava.



Obrázek 20: Přehled měničů kmitočtu ABB ACS880-1. (12)

Měníče ACS880 se vyrábí ve Finsku a jsou to měniče s napětovým meziobvodem, Obrázek 21, a chlazené většinou vzduchem, výjimečně kapalinou (ACS880-104LC). Všechny měniče lze plně přizpůsobit požadavkům zákazníka pro jeho pohon. Měníče mají čelní ovládací panel, jak můžeme vidět na Obrázku 20. Tento měnič dokáže také komunikovat prostřednictvím Bluetooth, čímž ABB drží krok s digitalizací a automatizací výroby. Měníče ACS880 se dále dělí na nástěnné, rozváděčové, nízko harmonické, rekuperační, podle velikosti výkonu, napájecího napětí a krytí.



Obrázek 21: Schématické uspořádání měniče s napětovým meziobvodem.

Aby mohl zaměstnanec ABB získat informace o měničích ACS880 tak může využít online školicí kurzy, které jsou vytvořeny výrobními závody. Během své praxe v EUOPC jsem vytvořil seznam všech dostupných školení pro měniče ACS880 pro nové zaměstnance, kteří by chtěli získat bližší informace o tomto produktu. Ze seznamu kurzů si pak vybere zaměstnanec typ on-line školení, které mu dodá požadované informace. Seznam školení čítá přibližně 116 různých druhů školení z různých zemí a v několika jazycích. Seznam obsahuje všechny dostupné kurzy v anglickém jazyce pro všechny varianty tohoto měniče, část mého vytvořeného seznamu je uvedena na Obrázku 22.

Place	Code	Name
Classroom	G3891	9CSC006275 (G3891) ACS880 LC MULTIDRIVES FOR MARINE APPLICATIONS, OPERATION AND MAINTENANCE - FI
Classroom	G3890	9CSC006276 (G3890) ACS880LC/CLC START-UP AND COMMISSIONING, BASIC MAINTENANCE - FI
Classroom	G3862	ACS880 DRIVE APPLICATION BUILDER FOR IEC 61131-3 (G3862), HANDS-ON - FI
Web-based	G060E	G060E - DRIVES PORTFOLIO - LOW VOLTAGE AC DRIVES, INTERNET COURSE - EN
Web-based	G1073E	G1073E - ETHERCAT BASICS, INTERNET COURSE - EN
Web-based	G1079E	G1079E - ACS880 PROFIBUS CONFIGURATION, INTERNET COURSE
Web-based	G1750E	G1750E - ACS880 CRANE CONTROL BASICS - EN
Web-based	G1751E	G1751E - ACS880 CRANE CONTROL PROGRAM - EN
Web-based	G1752E	G1752E - ACS880 CRANE MASTER/FOLLOWER & SYNCHRO CONTROL - EN
Web-based	G1753E	G1753E - ACS880 CRANE ANTI-SWAY CONTROL - EN
Web-based	G188E	G188E - ACS880-87LC FUNDAMENTALS, INTERNET COURSE - EN
Web-based	G1951E	G1951E - MOTION CONTROL BASICS, INTERNET COURSE - EN
Web-based	G1952E	G1952E - MOTION CONTROL BASICS, TECHNICAL CONCEPTS, INTERNET COURSE - EN
Web-based	G3601E	G3601E - ACS880-104, R1I-R5I FRAME SIZES, MODULES CABINET INSTALLATION, INTERNET COURSE - EN
Web-based	G3602E	G3602E - ACS880-104, R6I-R7I FRAME SIZES, MODULES CABINET INSTALLATION, INTERNET COURSE - EN
Web-based	G3603E	G3603E - ACS880-104, R8I AND NXR8I FRAMES, MODULE CABINET INSTALLATION, INTERNET COURSE - EN
Web-based	G3604E	G3604E - ACS880-304+A003, D6D-D7D FRAME SIZES, MODULES CABINET INSTALLATION, INTERNET COURSE - EN
Web-based	G3605E	G3605E - ACS880-204, R1I-R4I IGBT SUPPLY MODULE INSTALLATION, INTERNET COURSE - EN
Web-based	G3606E	G3606E - ACS880-204, R6I IGBT SUPPLY MODULE INSTALLATION, INTERNET COURSE - EN
Web-based	G3607E	G3607E - ACS880-204, R8I IGBT SUPPLY MODULE INSTALLATION, INTERNET COURSE - EN
Web-based	G3608E	G3608E - ACS880-304+A003, D8D FRAME SIZES, MODULES CABINET INSTALLATION, INTERNET COURSE - EN
Web-based	G3609E	G3609E - ACS880-304+A018, 2XD7T MODULES CABINET INSTALLATION, INTERNET COURSE - EN
Web-based	G360E	G360E - ACS880 DRIVE MODULES OFFERING, INTERNET COURSE - EN
Web-based	G3610E	G3610E - ACS880-304+A018 D8T AND NXD8T MODULES CABINET INSTALLATION, INTERNET COURSE - EN
Web-based	G3611E	G3611E - ACS880-904, 2XR8I REGENERATIVE RECTIFIER MODULE CABINET INSTALLATION, INTERNET COURSE - EN
Web-based	G3612E	G3612E - ACS880-604, R8I DYNAMIC BRAKING MODULE CABINET INSTALLATION, INTERNET COURSE - EN

Obrázek 22: Část seznamu Internetových kurzů pro měniče ACS880.

6.2 Předpis pro zkoušky měničů kmitočtů ACS880

Každý vyrobený měnič ABB podléhá kontrole. Platí to i pro NN měniče ACS880, které prochází tzv. běžnou zkouškou. Tuto zkoušku provádí továrna a protokol o zkoušce pak zasílá projekčnímu centru. Ten je pak zahrnut do celkové projektové dokumentace pro zákazníka. Měníče se dále zabudovávají do rozváděčů nebo E-Roomu. E-room je kontejner, ve kterém jsou již zabudována elektrická zařízení a celý kontejner se pak posílá k zákazníkovi na místo určení. Zde se usadí a zapojí k síti. Ke kontrole měniče a zajištění jeho správné funkce pak slouží tzv. Test report měniče, který vyplňuje commissioning inženýr při kontrole rozváděče v továrně na rozváděče nebo v E-Roomu u jeho výrobce před odesláním k zákazníkovi. V průběhu své praxe jsem se podílel na úpravě šablony Test reportu pro měniče ACS880. Část Test reportu je uvedena na Obrázku 23. Na této stránce pracovník, který provádí zkoušku, pak zapisuje, jestli byly všechny úkony provedeny a zda měnič správně funguje.

ABB		FACTORY ACCEPTANCE TEST			DOC.NUMBER	
		ACS880-01 CABINET-BUILT DRIVES			ITP-program.docx	
Prepared by	Date	Reviewed by	Status	Revision	Page	
Daniel Harazim	16.03.2020	AV	Final	A	3 / 5	

Item#	Visual Electrical	Remarks
1.	Are the supply input and motor output connections designated clearly?	OK
2.	Is there a main earth connection? Is the connection clearly identified?	OK
3.	Are the components inside the panel labelled clearly?	OK
4.	Have all components been mounted correctly?	OK
5.	Anything loose? Correct positions according to labels?	OK
6.	Are ratings of components correct compared to schematics?	OK
7.	Can all components be operated without obstruction?	OK
8.	Wiring colour coded to a standard?	OK
9.	Are wire numbers placed on the ends of all cores?	OK
10.	Are all cores lugged and crimped?	OK
11.	Have all components been appropriately grounded?	OK
12.	Socket outlets available? Are they RCD protected?	NA
13.	Is there an appropriate safety warning sign attached to the panel?	OK
14.	Is there an adequate Emergency Stop button on the panel?	NA

Obrázek 23: Část test reportu pro měnič ACS880.

7. Měření parametrů měniče kmitočtu

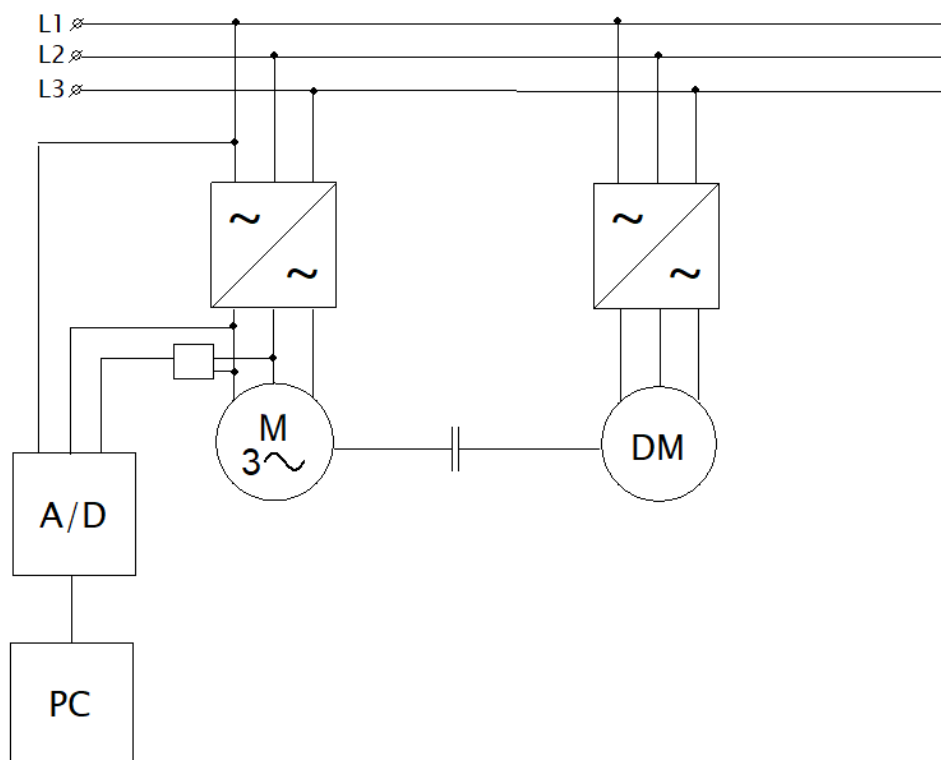
V druhé části mé praxe jsem provedl měření vstupních a výstupních parametrů měniče kmitočtu při rozběhu/běhu pohonu. Měření jsem provedl pro různé časy rozběhové rampy a malé i jmenovité zatížení motoru. Hlavním cílem našeho měření bylo zjistit průběh vstupního proudu do měniče I_1 , porovnat ho s výstupním proudem do motoru I_2 , spolu s hodnotou napětí na svorkách motoru U_2 . Zajímalo mě, zda měnič bude způsobovat proudovou špičku do sítě při rozběhu motoru. Pro měření jsem použil:

1. ABB asynchronní motor 3f – 2,2 kW, 400VY, 50 Hz, 1450 rpm, 4,6 A
2. Měřicí kartu National Instruments (4 kanálovou)
3. Měnič VACON – 2,5 kW, 400 V, 50 Hz
4. Asynchronní dynamometr 5 kW, 2000 rpm, 260 VY, 15,3 A, 50 Hz, VUS Brno
5. Klešťové ampérmetry
6. Napěťovou sondu
7. Vodiče
8. Notebook a program LabView

Vzhledem k tomu, že jsem chtěl zjistit vliv měniče na síť při rozběhu motoru tak jsem nepoužil k měření měnič ACS880 o výkonu 10 kW, ale výkonově bližší měnič Finské firmy VACON o výkonu 2,5 kW. Protože jsem vlastníkem osvědčení vyhlášky 50 §5, na měření jsem se spolupodílel pod dohledem s kolegy s vyšší kvalifikací.

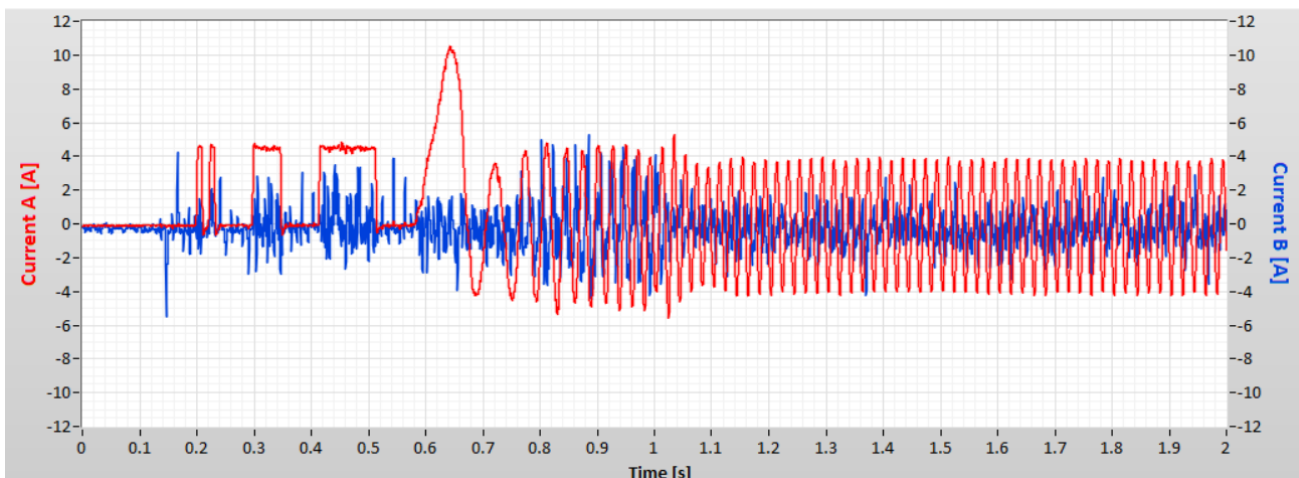
7.1 Dynamické charakteristiky měniče

V první části praktického měření jsem měřil dynamické charakteristiky vstupního proudu do měniče I_1 a výstupního proudu z měniče I_2 při různých hodnotách rozběhové rampy měniče. Motor by spojen s dynamometrem po hřídeli a motor se rozbíhal s malou zátěží, která byla tvořena mechanickými ztrátami v dynamometru. Schéma zapojení je uvedeno na obrázku 24.

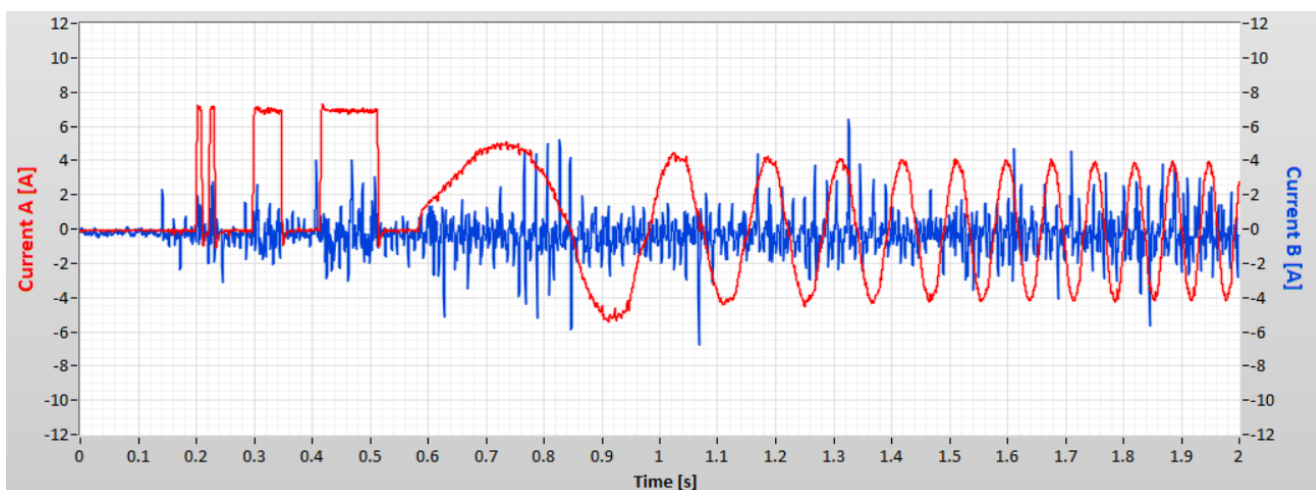


Obrázek 24: Schéma zapojení měření ADM.

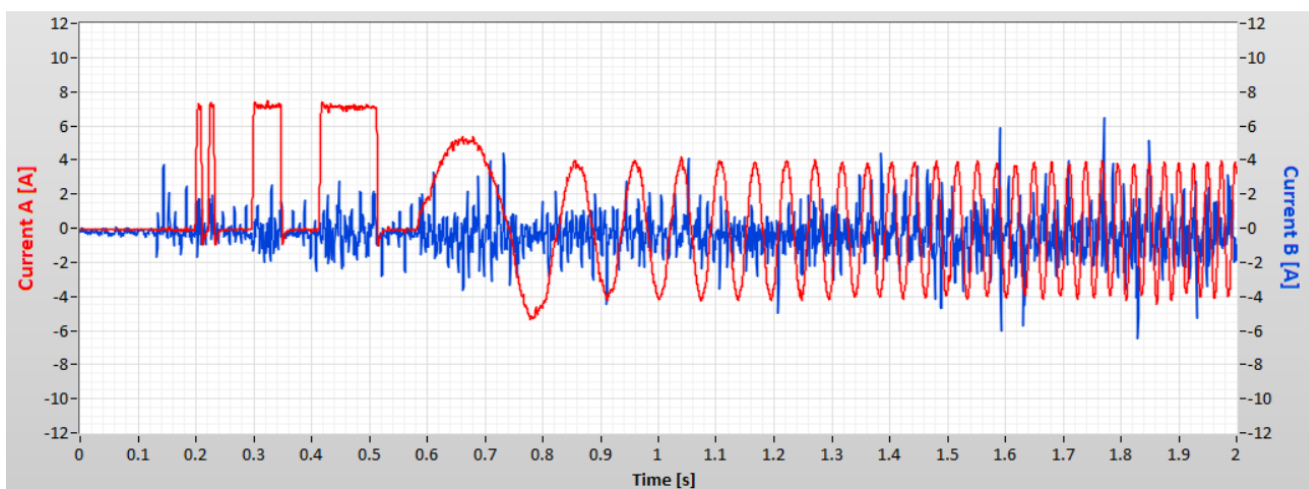
Na následujících obrázcích můžeme vidět průběhy při různých časech rozběhové rampy. Jde o dobu, za kterou dokáže měnič roztočit motor na jmenovité otáčky s frekvencí 50 Hz. Červenou je označen proud I_2 – výstupní proud z měniče a modrou barvou je označen vstupní proud I_1 do měniče.



Obrázek 25: Průběh proudu vstupu a výstupu měniče při době rampy 0,5 s.



Obrázek 26: Průběh proudu vstupu a výstupu měniče při době rampy 2 s.



Obrázek 27: Průběh proudu vstupu a výstupu měniče při době rampy 5 s.

Pro měření jsme použili schválně výkonově blízké jednotky motor 2,2 kW a měnič 2,5 kW, abychom mohli ověřit, zda dojde k proudovému rázu do sítě z měniče při rozběhu motoru. Na průbězích vstupního a výstupního proudu můžeme vidět:

1. Při rozběhu motoru vyšle měnič nejprve několik proudových pulzů, aby se motor dal do pohybu, pak jej začne dále napájet.
2. S použitím rozběhové rampy se motor plynule rozbíhá až na jmenovité otáčky, čím delší rampa tím menší počáteční proud.
3. Rozběhový proud je hrazen z napěťového meziobvodu měniče a měnič odebírá ze sítě proud pouze pro dobíjení kondenzátorů v meziobvodu.

Tyto skutečnosti vedou k závěru, že měnič při rozběhu motoru nebude odebírat ze sítě proud, který by způsobil proudovou špičku v napájecí síti, jak můžeme vidět na všech průbězích Obrázek 25, 26 a 27. Čím je delší doba rozběhové rampy, tak tím je tento způsob rozběhu pro motor šetrnější. Vzhledem k tomu, že jsme neměli k dispozici 12 kanálový převodník, tak jsme měření realizovali jen s třemi snímanými veličinami I_1 , I_2 , U_2 .

7.2 Statické charakteristiky měniče

Druhou část měření tvořilo statické měření, kdy jsem měřil opět pomocí programu LabView a vybavení zkušebny hodnoty I_1 , I_2 , U_2 měniče při různých otáčkách motoru a jmenovitém zatížení motoru. Měření jsem dále zopakoval také pro 150 % a 125 % přetížení motoru a 100 a 50 % otáček motoru. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 3. U_1 a I_1 jsou veličiny, které vstupují do měniče a U_2 a I_2 jsou výstupní veličiny. Měřili jsme sdružené napětí motoru mezi fázemi U a V.

Z hodnot napětí na motoru v Tabulce 3, při zatížení stroje je patrné, že napětí na svorkách motoru není 400 V, ale je sníženo o úbytek napětí na měniči. Napětí činilo jen 380 V, a proto by bylo pro asynchronní stroj lepší z hlediska oteplení stroje použít vinutí pro 380 V.

Tabulka 3: Naměřené hodnoty.

Frekvence	U1 (V)	U2 (V)	I1 (A)	I2 (A)	S1 (VA)	S2 (VA)	M (Nm)	n (ot/min)	Pm (W)
100% Točivý moment 14,2 Nm									
50	392,94	378,49	4,00	4,68	1570,54	1768,50	-14,48	1448,39	2212,64
45	393,12	380,07	3,60	4,55	1413,42	1727,91	-14,10	1310,81	1949,07
40	392,69	350,48	3,42	4,70	1346,94	1645,99	-14,97	1159,76	1830,94
35	395,72	310,82	2,98	4,64	1174,15	1443,63	-14,61	1012,45	1560,42
30	396,92	270,43	2,55	4,57	1020,80	1233,67	-14,45	862,16	1313,73
25	396,67	226,46	2,17	4,52	863,40	1026,81	-14,29	711,11	1071,62
20	397,75	180,44	1,86	4,58	744,07	830,99	-14,32	562,31	849,56
15	397,49	142,24	1,46	4,48	582,58	636,78	-13,85	412,76	603,07
10	399,23	105,72	1,15	4,50	460,99	479,86	-14,18	258,72	386,87
5	400,42	62,18	0,79	4,66	322,77	291,91	-14,03	98,70	146,06
150 % Točivého momentu 21,3 Nm									
50	387,60	368,48	6,05	6,66	2341,96	2456,54	-21,48	1411,75	3193,47
25	393,97	224,03	3,14	6,02	1244,47	1345,19	-21,18	690,17	1539,80
125 % Točivého momentu 17,75 Nm									
50	390,58	370,94	4,93	5,47	1920,98	2034,05	-17,52	1433,44	2646,65
25	396,58	225,07	2,58	5,11	1019,51	1146,79	-17,14	702,89	1269,61

U frekvenčních měničů s napěťovým mezi obvodem platí, že vstupní výkon by se měl rovnat výstupnímu výkonu, tzn. že vstupní proud měniče při nižších otáčkách, než jmenovitých bude vždy menší než výstupní proud při jmenovité zátěži.

Pro výpočet výkonu byl programem použit vzorec pro sinusové veličiny, proto tyto veličiny nejsou přesné. Museli bychom použít speciální výpočet pro neharmonické průběhy za pomoci integrace. Hodnoty M , n jsou správné, protože byly měřeny momentovou hřídelí.

7.3 BOZP a vyhláška 50 §5

Abych mohl realizovat svou praxi, musel jsem nejdřív absolvovat školení BOZP (Bezpečnost a ochrana zdraví při práci), kteří musí absolvovat všichni zaměstnanci při nástupu do práce.

Dále jsem si udělat zkoušku z vyhlášky 50/1978 sb. §5. Tuto zkoušku jsem vykonal hned první měsíc od nástupu do ABB. Zkouška se skládala z teoretické části a pak písemného testu. Po úspěšném složení zkoušky jsem se stal Osobou znalou. Tuto zkoušku mohou vykonat pracovníci, kteří mají ukončené vzdělání v oblasti elektrotechniky.

Dozvěděl jsem se tady také významy bezpečnostních tabulek, jak se mám chovat v laboratoři a v kancelářích. Na Obrázku 28 lze vidět bezpečnostní tabulku Pozor pod napětím. Tabulka se dává na elektrické zařízení, které má nízké krytí. V příloze C, můžeme vidět tabulku, která popisuje první pomoc v několika bodech. Umisťuje se v každé laboratoři.



Obrázek 28: Bezpečnostní tabulka - pozor pod napětím.

8. Výsledky

8.1 Znalosti a dovednosti získané v průběhu studia uplatněné v průběhu odborné praxe

V průběhu praxe jsem se blíže setkal s asynchronními a synchronními motory, které jsem již znal, ale teď jsem měl možnost vidět jejich použití v praxi, co vše musí technik v ABB umět a vědět, aby mohl zákazníkovi dodat ucelené informace. Nejvíce jsem v tomto případě využil znalosti získané z Elektrických strojů I a II, jejíž výuka však bohužel proběhla v době, kdy nás postihla pandemie COVIDU-19.

Dalším velkým přínosem pro mě byl předmět Výkonové polovodičové systémy I a Elektronika, znalosti z těchto předmětů získané jsem využil při měření.

8.2 Znalosti či dovednosti scházející v průběhu odborné praxe

V průběhu praxe jsem absolvoval školení na vyhlášku 50 §5, kterou jsem ještě neměl ze svého studia na VŠB. Toto je pro mě nová zkušenost, kterou jsme díky firmě ABB získal.

8.3 Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení

Závěrem mohu říct, že praxe v EUOPC Ostrava mě zaujala, získal jsem nové poznatky o elektrických strojích, měničích a moderních elektrických pohonech, které budu moci využít nejenom při svém dalším studiu na VŠB, ale také při případné budoucí práci v ABB.

Obzvlášť bych vyzvedl informace, kterým jsem získal při měření a zpracování projektové dokumentace v Document Listu, kde jsem měl možnost nahlédnout do skutečné práce projektanta. Velice zajímavé bylo také měření motoru s měničem, kde jsem se dozvěděl zajímavé informace ohledně ramp při spouštění motoru a jakým způsobem měnič může omezovat rozběhový proud.

9. Závěr

Má praxe v EUOPC Ostrava byla zaměřena na inženýrskou práci z kanceláře a podporu různých projektů v ABB na celém světě. Pomohl jsem s tvorbou vzorů dokumentů pro jednotlivé části pohonů, která má významný přínos pro projektovou činnost firmy nejen ve zkrácení doby tvorby Dokument listu, ale také v úspoře nákladů a zpřesnění práce. Vytvořil jsem také seznam školicích E-learning kurzů pro měniče ACS880 a podílel jsem se na úpravě protokolu pro zkoušení měničů ACS880. Na závěr jsem si vyzkoušel i praktickou část, kdy jsem měl za úkol změření parametrů měniče. Musím také podotknout, že rozsah a složení mé práce bylo značně ovlivněno pandemií COVID-19 a proto inženýrský podíl práce je větší než praktický.

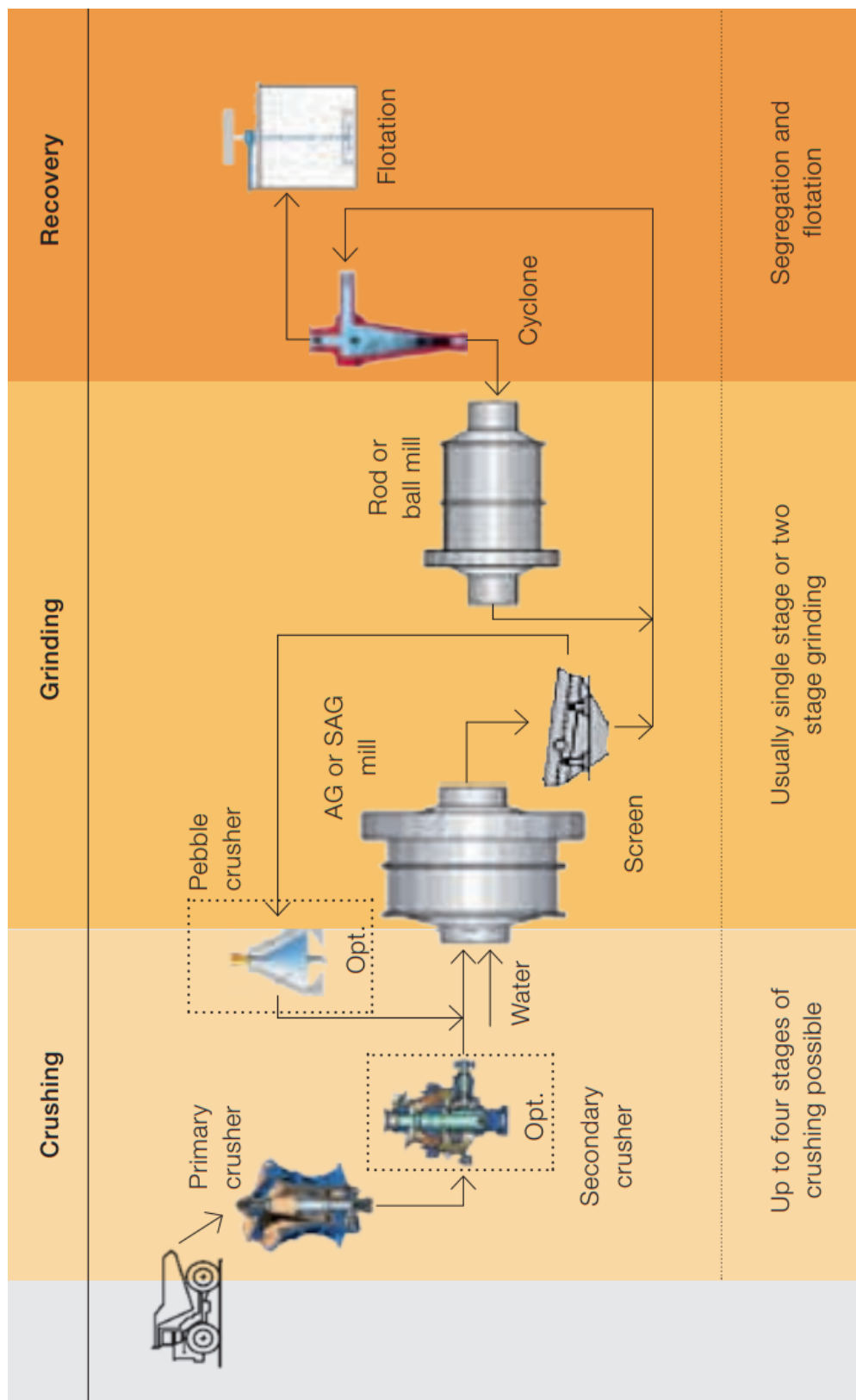
Na závěr bych chtěl říct, že jsem velmi rád, že jsem si vybral praxi, kde jsem se mohl dozvědět více informací o jedné z největších firem v oboru a spolupracovat s techniky, kteří jsou v oboru mnoho let.

Literatura

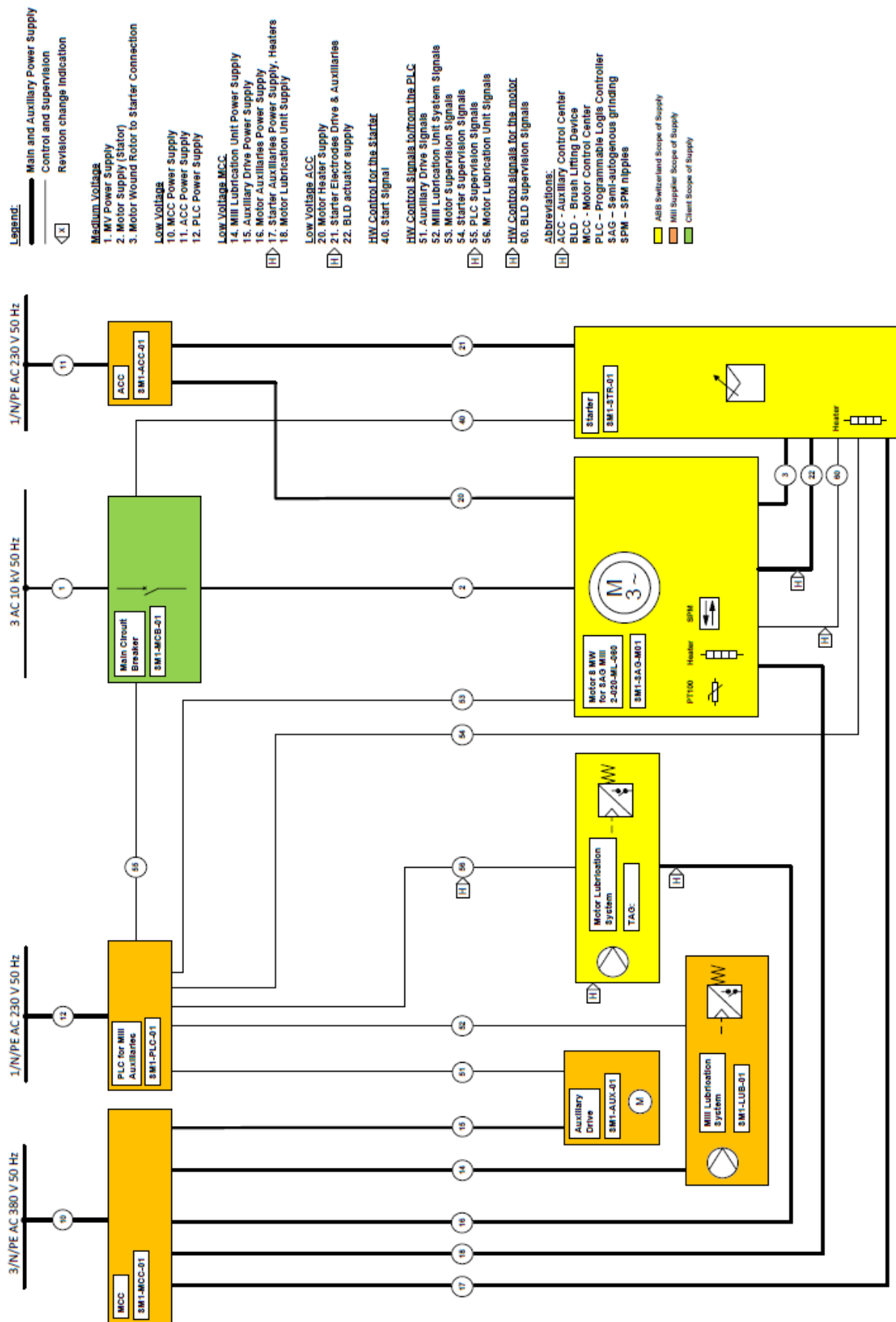
1. About us. *ABB*. [Online] [Cited: 03 16, 2021.] <https://global.abb/group/en>.
2. Historie. *ABB*. [Online] [Citace: 16. 03 2021.] <https://new.abb.com/cz/o-nas/historie/historie-abb-group>.
3. kolektiv, Klaus Tkotz a. *Příručka pro elektrotechnika*. Praha : SOBOTÁLES cz., 2002. ISBN 80-86706-00-1.
4. Roubíček, Ing. Ota. *Elektrika.cz. Motor s kroužkovým rotorem*. [Online] 14. 10 2008. [Citace: 09. 04 2021.] <https://elektrika.cz/data/clanky/motor-s-krouzkovym-rotorem>.
5. Why Are the Grinding Steel Balls of Ball Mill Worn Out? *www.ftmmachine.com*. [Online] 28. 11 2017. [Citace: 12. 04 2021.] <http://www.ftmmachine.com/article/why-are-the-grinding-steel-balls-of-ball-mill-worn-out.html>.
6. ABB reorganizes its ring-gearred mill drive system offerings to better serve its customers. *ABB Mining*. [Online] 08 02, 2016. [Cited: 04 02, 2021.] <https://new.abb.com/news/detail/54885/abb-reorganizes-its-ring-gearred-mill-drive-system-offerings-to-better-serve-its-customers>.
7. Ring-gearred mill drives. *search.abb.com*. [Online] 2018. [Citace: 13. 04 2021.] <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK1074920738&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>.
8. Co ukazuje typový štítek motoru a jak je používat. *crushtymks.com*. [Online] [Citace: 14. 04 2021.] <https://crushtymks.com/cs/electric-motor/199-what-details-a-motor-nameplate-shows-and-how-to-use-them.html>.
9. Low voltage motors - Motor Guide. *new.abb.com*. [Online] 2014. [Citace: 15. 04 2021.] <https://new.abb.com/docs/librariesprovider53/about-downloads/low-voltage-motor-guide.pdf>.
10. Maloušek, E. Ondruška a A. *Ventilace a chlazení elektrických strojů točivých*. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, n. p., 1985. L26-B3-IV-31/52 350 1. vydání.
11. ABB GMDs make remote mines and low ore grades economical and transition mills to digital operation. *ABB*. [Online] [Citace: 05. 04 2021.] <https://new.abb.com/mining/grinding/gearless-mill-drives/how-to-make-remote-mines-and-low-ore-grades-economical-and-transition-mills-to-digital-operation>.
12. Plně kompatibilní ACS880 single drives. *ABB*. [Online] [Citace: 12. 04 2021.] <https://new.abb.com/drives/cs/nizkonapetove-frekvencni-menice/prumyslova-zarizeni/samostatne-frekvencni-menice-ac880>.
13. Ring-gearred mill drive system. *ABB*. [Online] [Citace: 19. 3 2021.] <https://new.abb.com/mining/grinding/ring-gearred-mill-drives>.
14. Rytoft, Claes. ABB Review. *library.e.abb.com*. [Online] 2014. [Cited: 04 02, 2021.] https://library.e.abb.com/public/08f253031b691f1183257ddc0029669d/ABB%20Review%203-2014_72dpi%20rev2.pdf.
15. Danny. *TQK.cz. Impact Crusher*. [Online] 14. 04 2015. [Citace: 05. 04 2021.] <https://www.tqk.cz/themes/tongru/products/stationary-crushers/impact-crusher.html>.

16. Mill application features mapping. *ABB*. [Online] [Citace: 5. 4 2021.] <https://new.abb.com/mining/grinding/ring-gear-mill-drives>.
17. David. Sag Mill Manufacturers. *911metallurgist*. [Online] 6 4, 2018. [Cited: 03 17, 2021.] <https://www.911metallurgist.com/sag-mill-manufacturers/>.
18. ENG-TIPS. *Slip Ring Induction Motor Liquid Starter*. [Online] 26. 02 2020. [Citace: 09. 04 2021.] <https://www.eng-tips.com/viewthread.cfm?qid=466093>.
19. Dlouhý, Vojtěch. Budovu Nová Karolina Park v Ostravě koupila RT Torax Group. *Ostrava rozhlas*. [Online] [Citace: 09. 04 2021.] <https://ostrava.rozhlas.cz/budovu-nova-karolina-park-v-ostrave-koupila-rt-torax-group-8449470>.
20. Marco Rufli, Maarten van de Vijfeijken. Driving Value - ABB Review. *search abb*. [Online] [Citace: 09. 04 2021.] <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK1074920727&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>.
21. Edvard. Cooling and Ventilation of Electric Motors (IC). *electrical-engineering-portal.com*. [Online] 8. 8 2011. [Citace: 12. 04 2021.] <https://electrical-engineering-portal.com/cooling-and-ventilation-of-electric-motors-ic>.
22. Samostatné nástěnné frekvenční měniče ACS880-01. *new.abb.com*. [Online] ABB, 2021. [Citace: 16. 04 2021.] <https://new.abb.com/drives/cs/nizkonapetove-frekvencni-menice/prumyslova-zarizeni/samostatne-frekvencni-menice-ac880/acs880-01>.
23. *ACS2000 Medium Voltage Drive. The flexibility you require. The reliability you expect.* Švýcarsko : ABB product brochure, 2020.

Přílohy



Příloha A: Postup výroby. (14).



Příloha B: Blokový diagram pohonu mlýnu RMD FSD.



PRVNÍ POMOC PŘI ÚRAZECH ELEKTŘINOU

Jednejte rychle, ale klidně a účelně. Vytrvejte, neboť většina postižených je mrtva jen zdánlivě.

Postup

1. Vyprostit postiženého z dosahu proudu
2. Ihned zavést umělé dýchání, pokud postižený elektrickým proudem nedýchá
3. Ihned zahájit nepřímou srdeční masáž, není-li hmatný tep
4. Přivolat lékaře
5. Co nejdříve uvést postiženého do zdravotnického zařízení

1. Postiženého lze VYPROSTIT Z DOSAHU PROUDU:

- a) Vypnutím proudu - vypněte příslušný vypínač, vyšroubujte pojistky nebo vytáhněte zástrčku ze zásuvky.
- b) Odsunutím vodiče nebo odtažením postiženého - suchým dřevem, suchým provazem, suchým oděvem. Nikdy ne vlhkými nebo vodivými předměty. Nedotýkejte se holou rukou ani těla postiženého ani vlhkých částí jeho oděvu. Pracujte pokud možno jen jednou rukou. Postižený se sám nemůže pustit předmětu, který svírá, neboť vzniká křečovitě stažení svalstva. Zajistěte postiženého, aby po přerušení proudu nespadl (přivázáním, podepřením dřevěnými předměty apod.), aniž se ho však dotknete holou rukou.
- c) Přerušením vodiče - např. přeseknutím sekoucí se suchým topárkem, izolačními kleštěmi apod. (může však provést jen ten, kdo se v tom bezpečně vyzná).

Poznámka: Způsob podle bodu b) a c) lze provést pouze u nn:




Význam záklonu hlavy
A-Před záklonem hlavy
B-Po záklonu hlavy

2. UMĚLÉ DÝCHÁNÍ

Umělé dýchání je nutno provádět až do oživení, bez přerušení. Jinak je možno umělé dýchání ukončit pouze na příkaz lékaře. Před započetím umělého dýchání položíme postiženého na záda, odstraníme mu případné překážky z dutiny ústní a pro uvolnění dýchacích cest mu zakloníme hlavu co nejvíce vzad.

Umělé dýchání z plic do plic



Umělé dýchání z úst do úst - základní způsob

- a) Zaklonit hlavu co nejvíce vzad.
- b) Sevřít nos, široce rozevřenými ústy obemknout ústa (nos) postiženého.

Umělé dýchání z úst do nosu - základní způsob



Umělé dýchání do úst a do nosu zároveň

- a) Hluboce vydechnout do úst postiženého asi 10x po jedné vteřině. Dále pokračovat rychlostí 12x až 16x za minutu.
- d) Sledovat dýchací pohyby hrudníku postiženého.

Umělé dýchání z plic do plic pomocí T-tubusu



Zavedení T-tubusu

- a) Zasunout štít náustku mezi široce rozevřené rty co nejdále do jednoho koutku úst. Překrýt náustek rty postiženého a zavést jej do středu úst.
- b) Přitlačit dolní čelist k horní.
- c) Prsty přitisknout rty k náustku a současně stlačit nosní křídla.
- d) Zasunout trubici T-tubusu do náustku tak, aby ohybem směřovala k záchranci.
- e) Umělé dýchání obdobně jako bez pomůcek.

Náhradní způsob umělého dýchání podle Silvestra - Brosche



- a) Podložit záda postiženého složenou pokrývkou nebo kabátem
- b) Uchopit paže postiženého za předlokti a přitisknout je lehce na hrudník, obloukem vést paže stranou a nad hlavu a vrátit paže zvolna stejnou cestou na dolní část hrudníku.

Umělé dýchání z úst do T-tubusu



3. NEPŘÍMÁ SRDEČNÍ MASÁŽ:

Provádějí pouze osoby vycvičené v poskytování první pomoci při úrazech elektrinou

- a) Zápěstí pravé ruky položit dlaňovou stranou na dolní část hrudní kosti; prsty směřují k pravému lokti nemocného, nedotýkají se hrudníku.
- b) Levou ruku položit napříč přes pravou a váhou těla stlačovat nataženou horní končetinou hrudní kost směrem k páteři do hloubky 4 až 5 cm asi 60x za minutu.
- c) Na 5 stlačení hrudní kosti jeden vdech metodou dýchání z plic do plic.

Poznámka: Při stlačování hrudní kosti neprovádět současně umělý vdech.



Podrobnější pokyny pro poskytování první pomoci při úrazech elektrinou jsou uvedeny v ČSN 343500 z 24.2.1965
(PRAHA) 7781 ČSN 0180:2

Příloha C: První pomoc při úrazu elektrinou.